



การศึกษาโครงสร้างและฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส
จากองค์ประกอบทางเคมีของเหง้าว่านนางคำ



โดย
นางสาววิชยา ไตรบุญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีศึกษา

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาโครงสร้างและฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส
จากองค์ประกอบทางเคมีของเหง้าว่านนางคำ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีศึกษา
ภาควิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

**STUDIES OF STRUCTURE AND ALPHA-GLUCOSIDASE INHIBITORY ACTIVITY
OF CHEMICAL CONSTITUENTS FROM THE RHIZOMES OF
CURCUMA AROMATICA SALISB**



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
Master of Science Program in Chemical Studies
Department of Chemistry
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2015
Copyright of Graduate School, Silpakorn University**

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การศึกษาโครงสร้าง และฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจากองค์ประกอบทางเคมีของเหง้า ว่านนางคำ ” เสนอโดย นางสาววิชา ไตรบุญ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศน์วงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกอร ระย้านิล

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วษา พุทธิวงศ์)

...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ประยงค์พันธ์)

...../...../.....

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกอร ระย้านิล)

...../...../.....

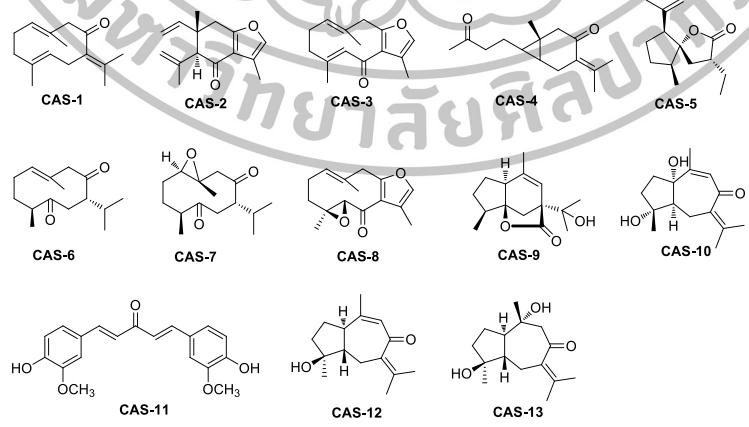


57301204 : สาขาวิชาเคมีศึกษา

คำสำคัญ : Zingiberaceae/*Curcuma aromatica* Salisb/alpha-glucosidase/ent-aerugidiol

วิชา ไตรบุณย : การศึกษาโครงสร้างและฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจากองค์ประกอบทางเคมีของเหง้าว่านนางคำ. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผศ.ดร.กนกอร รัชยานิล. 106 หน้า.

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีจากเหง้าว่านนางคำ (*Curcuma aromatica* Salisb) ด้วยวิธีโครมาโตกราฟี พบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene 1 ตัว คือ ent-aerugidiol (CAS-10) และพบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เคยมีค้นพบมาแล้ว 12 ตัว คือ germacrone (CAS-1), curzerenone (CAS-2), furanodienone (CAS-3), curcumenone (CAS-4), curcumalactone (CAS-5), curdione (CAS-6), (1R,10R)-epoxycurdione (CAS-7), zederone (CAS-8), curcumolide (CAS-9), 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one (CAS-11), procurcumenol (CAS-12) และ zedoarondiol (CAS-13) สารทุกตัวถูกพิสูจน์โครงสร้างด้วยเทคนิคทางสเปกโตรสโกปี สารทั้งหมดถูกนำมาทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส พบว่า 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one (CAS-11) แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งได้ดี โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.20 ± 0.01 mM ซึ่งดีกว่า acarbose ($IC_{50} = 2.52 \pm 0.12$ mM) ถึง 12.6 เท่า ส่วนสาร CAS-3 และ CAS-13 แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งในระดับดี คือมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.87 ± 0.01 และ 0.89 ± 0.03 mM. สาร CAS-1, CAS-7 และ CAS-4 แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งในระดับปานกลางคือมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.53 ± 0.08 , 1.60 ± 0.08 และ 1.68 ± 0.13 mM ตามลำดับ



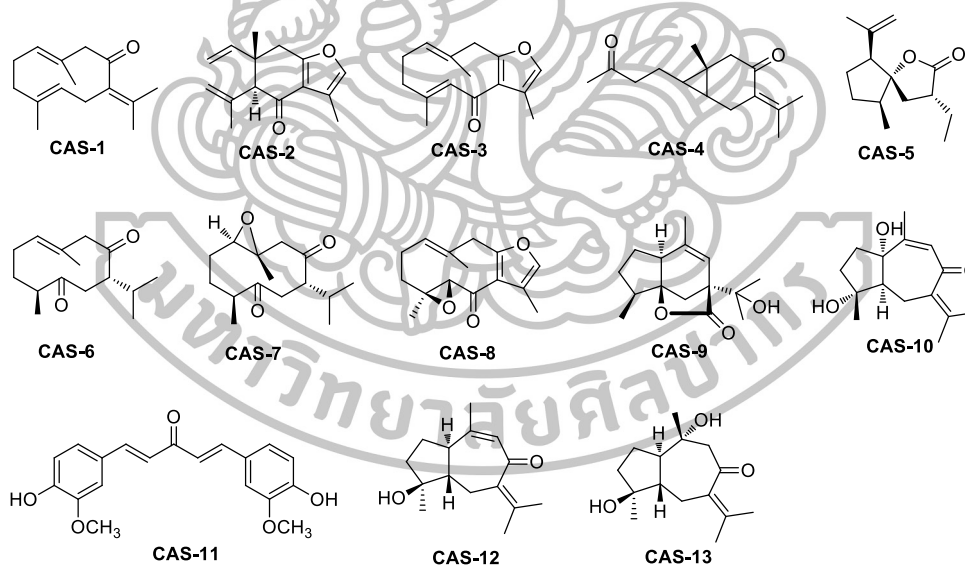
ภาควิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2558
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

57301204 : MAJOR : CHEMICAL STUDIES

KEY WORD :ZINGIBERACEAE/ENT-AERUGIDIOL/ CURCUMA AROMATICA SALISB
ALPHA-GLUCOSIDASE/

WICHAYA TRAIBOON : STUDIES OF STRUCTURE AND ALPHA-GLUCOSIDASE
INHIBITORY ACTIVITY OF CHEMICAL CONSTITUENTS FROM THE RHIZOMES OF
CURCUMA AROMATICA SALISB. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.KANOK-ON RAYANIL,Ph.D..
106 pp.

Phytochemical study on the rhizome of *Curcuma aromatica* Salisb using chromatography technique led to the isolation of a new guaianes-type sesquiterpene named *ent-aerugidiol* (**CAS-10**) together with twelve known compounds including germacrone (**CAS-1**), curzerenone (**CAS-2**), furanodienone (**CAS-3**), curcumenone (**CAS-4**), curcumalactone (**CAS-5**), curdione (**CAS-6**), (1*R*,10*R*)-epoxycurdione (**CAS-7**), zederone (**CAS-8**), curcumolide (**CAS-9**), 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one (**CAS-11**), procurcumenol (**CAS-12**) and zedoarondiol (**CAS-13**). Their structures were elucidated on the basis of extensive spectroscopic analysis. All of the isolated compounds were evaluated for their alpha-glucosidase inhibitory activity. 1,5-Bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one (**CAS-11**) was found to be the most potent compound with the IC_{50} value of 0.20 ± 0.01 mM which was 12.6-fold more potent than acarbose ($IC_{50} = 2.52 \pm 0.12$ mM). Compound **CAS-3** and **CAS-13** also showed strong alpha-glucosidase inhibitory activity with IC_{50} values of 0.87 ± 0.01 and 0.89 ± 0.03 mM. Compound **CAS-1**, **CAS-7** and **CAS-4** showed moderated alpha-glucosidase inhibitory activity with IC_{50} values of 1.53 ± 0.08 , 1.60 ± 0.08 and 1.68 ± 0.13 mM, respectively.



Department of Chemistry
Student's signature
Thesis Advisor's signature

Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2015

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กนกอร ระย้านิล ที่ให้ความเมตตาให้คำแนะนำตลอดเวลาที่ทำงานวิจัย ตลอดจนตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆของวิทยานิพนธ์ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วยา พุททวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ประยงค์พันธ์ ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาช่วยตรวจทานและแก้ไขให้คำแนะนำที่ดี และมีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาช่วยตรวจทานและแก้ไข ให้คำแนะนำที่ดีและมีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังช่วยอธิบายและประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่างๆในระหว่างการศึกษาจนประสบผลสำเร็จ

ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสารเคมีตลอดงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ (แมน ตาล ก้อง) ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

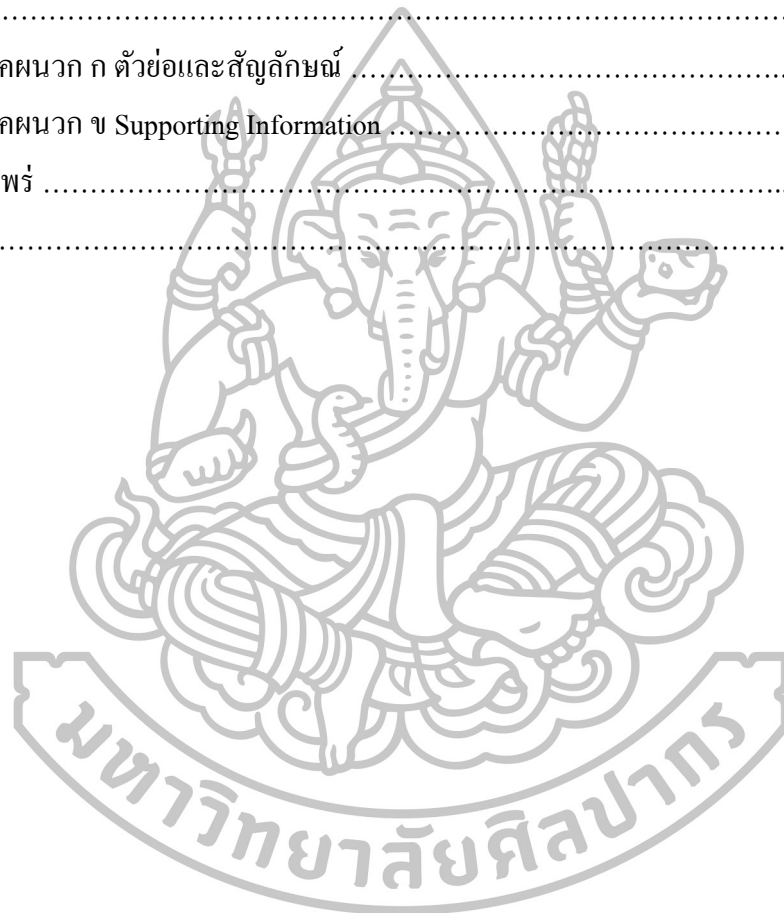
ขอขอบคุณพี่ๆ และน้องๆ ในแลปทุกคน (พี่หยก พี่เหน่ง โบว์ หมู จ้า กวาง เฟิร์ส ขวัญ) ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือด้านเทคโนโลยีทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณพ่อสาโรช แม่พันธุ์ทิพ ที่ให้กำลังใจ สนับสนุนและส่งเสริมตลอดมาให้คุณประสบความสำเร็จ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ และสำเร็จเป็นอย่างดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	1
แนวเหตุผล ทฤษฎีสำคัญ หรือสมมติฐานในวงศ์ Zingiberaceae	7
รายละเอียดต้นไม้ที่ทำการศึกษา	
ว่านนางคำ (<i>Curcuma aromatica</i> Salisb)	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับพืชในวงศ์ Zingiberaceae (สกุล <i>Curcuma</i>)	10
2 การทดลอง.....	33
เครื่องมือและสารเคมี.....	33
พืชที่ใช้ในงานวิจัย.....	33
การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study)	34
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย headings ว่านนางคำ (<i>Curcuma aromatica</i> Salisb)	35
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดหยาบเฮกเซนจาก	
heads ว่านนางคำ	37
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตจาก	
heads ว่านนางคำ	47
การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์	
แอลฟาไกลูโคซิเดส.....	68
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	68

	หน้า
3 สรุปลและอภิปรายผลการทดลอง	73
การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จาก	
เหง้าว่านนางคำ (<i>Curcuma aromatica</i> Salisb).....	73
การประเมินผลฤทธิ์ทางชีวภาพ	89
รายการอ้างอิง	90
ภาคผนวก.....	96
ภาคผนวก ก ตัวอย่างและสัญลักษณ์	97
ภาคผนวก ข Supporting Information	100
ผลงานที่เผยแพร่	105
ประวัติผู้วิจัย	106



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสามารถในการยับยั้งการทำงานเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสในแต่ละส่วนสกัด จากเหี่ยว้านนางคำ.....	34
2.2 fraction CAS-H1 ถึง CAS-H33 ที่ได้จากการแยกส่วนสกัดหยาบเสกเซน (CAS-H).....	38
2.3 fraction CAS-H2-1 ถึง CAS-H2-47 ที่ได้จากการแยก fraction MA-H2.....	40
2.4 fraction CAS-H4-1 ถึง CAS-H4-16 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-H4.....	43
2.5 fraction CAS-H4-2-1 ถึง CAS-H4-2-3 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-H4-2.....	44
2.6 fraction CAS-H5-1 ถึง CAS-H5-23 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-H5	44
2.7 fraction CAS-H10-1 ถึง CAS-H10-23 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-H10.....	46
2.8 fraction CAS-E1 ถึง CAS-E30 ที่ได้จากการแยกส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตด (CAS-E).....	48
2.9 fraction CAS-E14 ถึง CAS-E17 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-E.....	49
2.10 fraction CAS-E15-1 ถึง CAS-E15-15ที่ได้จากการแยก fraction CAS-E15.....	51
2.11 fraction CAS-E15-7-1 ถึง CAS-E15-7-18 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-E15-7.....	52
2.12 fraction CAS-E17-1 ถึง CAS-E17-22 ที่ได้จากการแยก fraction CAS-E17.....	53
2.13 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-1.....	55
2.14 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-2.....	56
2.15 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-3.....	57
2.16 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-4.....	58
2.17 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-5.....	59
2.18 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-6.....	60
2.19 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-7.....	61
2.20 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-8.....	62
2.21 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-9.....	63

ตารางที่	หน้า
2.22 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-10.....	64
2.23 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-11.....	65
2.24 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-12.....	66
2.25 ข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ ^{13}C NMR (CDCl_3) ของ CAS-13.....	67
2.26 ปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการทดลอง.....	69
2.27 ความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ของสาร CAS-1 ถึง CAS-13.....	72
3.1 ตารางสรุปความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส ของสาร CAS-1 ถึง CAS-13.....	87



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 รูปแสดงโครงสร้างทางเคมีของยา repaglinide.....	4
1.2 รูปแสดงโครงสร้างทางเคมีของยา metformin และ troglitazone.....	4
1.3 รูปแสดงโครงสร้างทางเคมีของยา acarbose, miglitol และ voglibose.....	5
1.4 รูปแสดงโครงสร้างการข่อยน้ำตาลมอลโทส ด้วยเอนไซม์แอลฟาไกลโคซิเดส.....	6
1.5 รูปแสดงภาพพืชในวงศ์ Zingiberaceae.....	7
1.6 รูปแสดงภาพเหง้าหรือหัวของว่านนางคำ.....	8
1.7 รูปแสดงภาพใบเลี้ยงและดอกของว่านนางคำ.....	8
1.8 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma chuanyujin</i> ปี 2000.....	10
1.9 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma parviflora</i> ปี 2003.....	11
1.10 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma parviflora</i> ปี 2004.....	12
1.11 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma parviflora</i> ปี 2005.....	12
1.12 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma parviflora</i> ปี 2008.....	13
1.13 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma comosa</i> ปี 2008.....	13
1.14 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma comosa</i> ปี 2009.....	14
1.15 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma comosa</i> ปี 2010.....	14
1.16 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma manga</i> ปี 2005.....	15
1.17 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2008.....	16
1.18 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2009.....	16
1.19 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2013.....	17
1.20 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2013.....	17
1.21 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2014.....	19
1.22 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2015.....	19
1.23 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2015.....	20
1.24 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma wenyujin</i> ปี 2016.....	20
1.25 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma longa</i> ปี 2012.....	21

รูปที่	หน้า
1.26 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma longa</i> ปี 2012.....	21
1.27 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma longa</i> ปี 2012.....	22
1.28 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma kwangiensis</i> ปี 2011.....	23
1.29 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma kwangiensis</i> ปี 2015.....	24
1.30 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma heyneana</i> ปี 2013.....	25
1.31 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma phaeocaulis</i> ปี 2013.....	26
1.32 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma phaeocaulis</i> ปี 2015.....	26
1.33 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma phaeocaulis</i> ปี 2015.....	27
1.34 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma zedoaria</i> ปี 2013.....	27
1.35 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma amada</i> ปี 2013.....	28
1.36 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 1990.....	29
1.37 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2000.....	30
1.38 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2010.....	30
1.39 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2011.....	31
1.40 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2011.....	31
1.41 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2013.....	32
1.42 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2013.....	32
1.43 โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก <i>Curcuma aromatica</i> Salisb ปี 2014.....	32
ภาพผนวก ข.1 สเปกตรัม ¹ H NMR ของ <i>ent-aerugidiol</i> (MA-10).....	101
ภาพผนวก ข.2 สเปกตรัม ¹³ C NMR ของ <i>ent-aerugidiol</i> (MA-10).....	103

บทที่ 1


บทนำ


ในปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับการจัดการโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมากขึ้น เนื่องจากสภาวะความเป็นอยู่และวิถีชีวิตของผู้คนที่เปลี่ยนไป ทำให้ผู้ป่วยกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จากกรรายงานสถิติสุขภาพทั่วโลกปี พ.ศ. 2558 ขององค์การอนามัยโลก พบว่า 1 ใน 11 ของประชากรในวัยผู้ใหญ่เป็นโรคเบาหวาน จึงถือได้ว่าโรคเบาหวานเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสำคัญในศตวรรษที่ 21 ปัจจุบันพบผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานทั่วโลก 415 ล้านคน และคาดว่าปี พ.ศ. 2583 จะมีผู้ป่วยโรคเบาหวานสูงถึง 642 ล้านคน โรคเบาหวานและภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่สามารถป้องกันและควบคุมได้ สำหรับประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 พบผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั้งหมด 11,665 ราย หรือเฉลี่ยวันละ 27 คน คิดเป็นอัตราการตายด้วยโรคเบาหวาน 17.93 ต่อแสนประชากร (ข้อมูล ณ วันที่ 3 ก.พ.59) [1]

โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus, DM) เป็นภาวะความผิดปกติของระบบเผาผลาญอาหารในร่างกายทำให้ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ สาเหตุเนื่องมาจากความบกพร่องของการหลั่งอินซูลินจากเบต้าเซลล์ของตับอ่อนลดลงหรือขาดอินซูลินเนื่องมาจากเบต้าเซลล์ถูกทำลายหรือเนื้อเยื่อเป้าหมายของอินซูลินที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นของอินซูลินลดลง (insulin resistance) ส่งผลให้ระบบการเผาผลาญของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน มีความผิดปกติ การที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานานจึงส่งผลให้เกิดโรคแทรกซ้อนต่ออวัยวะต่างๆตามมา เช่น ตา ไต ระบบประสาท หัวใจ และหลอดเลือด

ประเภทของโรคเบาหวาน

สมาพันธ์เบาหวานนานาชาติ (International Diabetes Federation; IDF) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้แบ่งโรคเบาหวานตามสาเหตุออกเป็น 4 ชนิด [2-4] คือ

1. เบาหวานประเภทที่ 1 (Insulin dependent diabetes mellitus; IDDM) เป็นชนิดที่พบได้น้อย แต่มีความรุนแรงและอันตรายสูง พบผู้ป่วยประเภทนี้ประมาณร้อยละ 5-10 ของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมด มักพบในเด็กและผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี โดยเกิดจากการที่เบต้าเซลล์ของตับอ่อนถูกทำลาย ส่งผลให้ปริมาณอินซูลินที่มีในร่างกายลดลง อาการของโรคที่มักพบได้แก่ กระหายน้ำ ปัสสาวะบ่อย กระหายน้ำบ่อย น้ำหนักลด อ่อนเพลีย ผู้ป่วยเบาหวานชนิดนี้จำเป็นต้องฉีดอินซูลินเข้าสู่ร่างกายทุกวันจึงจะสามารถเผาผลาญน้ำตาลได้เป็นปกติ ถ้าไม่ได้รับอินซูลินร่างกายจะเผาผลาญไขมันจนทำให้น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็ว และถ้าหากเบาหวานเป็นถึงขั้นรุนแรงแล้วการเผาผลาญไขมันนี้จะทำให้เกิดของเสียคือ สารคีโตน (ketones) ส่งผลให้เกิดภาวะคั่งสารคีโตนซึ่งจะเป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้ผู้ป่วยหมดสติ และอาจเสียชีวิตได้ 

2. เบาหวานประเภทที่ 2 (Non-insulin dependent diabetes mellitus; NIDDM) เป็นชนิดที่พบมากกว่าชนิดอื่น มีความรุนแรงน้อย พบผู้ป่วยประเภทนี้ประมาณร้อยละ 90-95 ของผู้ป่วยเบาหวานทั้งหมด มักพบในผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 40 ปีขึ้นไป เบาหวานประเภทนี้ตับอ่อนสามารถผลิตอินซูลินได้ แต่ร่างกายเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (insulin resistance) ทำให้ปริมาณของอินซูลินที่มีในร่างกายไม่สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในเลือดสูง (hyperglycemia) ผู้ป่วยเบาหวานประเภทนี้สามารถรักษาได้ด้วยการควบคุมอาหาร หรือการใช้ยาเม็ดลดระดับน้ำตาลในเลือด แต่ในบางครั้งถ้าระดับน้ำตาลสูงมากๆ อาจจะต้องฉีดอินซูลินเป็นครั้งคราวเพื่อช่วยในการควบคุมระดับน้ำตาลร่วมด้วย โดยทั่วไปเบาหวานชนิดนี้จะไม่ค่อยเกิดภาวะ ketoacidosis ยกเว้นมีสิ่งมากระตุ้นที่รุนแรง เช่น ภาวะติดเชื้อ และมะเร็งเป็นต้น 

3. เบาหวานที่เกิดระหว่างการตั้งครรภ์ (Gestational diabetes mellitus; GDM) โดยก่อนการตั้งครรภ์ผู้ป่วยไม่มีประวัติเป็นโรคเบาหวานมาก่อน แต่ในช่วงการตั้งครรภ์จะมีฮอร์โมนจากรกซึ่งมีฤทธิ์ดื้อต่ออินซูลิน (insulin resistance) เป็นผลให้ร่างกายตอบสนองต่ออินซูลินลดลง ถ้าไม่สามารถเพิ่มการสร้างอินซูลินให้เพียงพอจะทำให้เกิดเป็นโรคเบาหวานในขณะตั้งครรภ์ โดยส่วนใหญ่มักเป็นเบาหวานประเภทที่ 2 นอกจากนี้ยังเพิ่มความเสี่ยงต่อทารกในการมีน้ำหนักมากเกินไป และป่วยด้วยโรคเบาหวานอีกด้วย

4. เบาหวานที่เกิดจากสาเหตุอื่น เช่น เบาหวานจากความผิดปกติทางพันธุกรรมการทำงานของเบต้าเซลล์ที่ตับอ่อน หรือการออกฤทธิ์ของอินซูลิน เบาหวานจากโรคของตับอ่อน เบาหวานจากโรคทางต่อมไร้ท่อ หรือเบาหวานจากการได้รับยาบางชนิด เช่น ยากลุ่มสเตียรอยด์หรือสารเคมี เป็นต้น

เกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวาน

เกณฑ์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานตามสมาคมเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกา (American Diabetes Association, ADA, 1997) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO, 1998) ได้แบ่งการวินิจฉัยออกเป็น 3 วิธีดังนี้ [5]

1. Fasting plasma glucose (FPG) คือ การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (plasma) หลังจากที่ยอดอาหาร และเครื่องดื่ม (แต่ดื่มน้ำเปล่าได้ปกติ) มาเป็นเวลาอย่างน้อย 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรเป็นเบาหวาน

2. Oral glucose tolerance test (OGTT) คือ การทดสอบความสามารถในการลดระดับกลูโคสในเลือด (plasma) หลังจากกินกลูโคส 75 กรัม ไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรเป็นเบาหวาน

3. Random plasma glucose คือ การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด (plasma) ณ เวลาใดก็ได้ โดยไม่ต้องอดอาหารมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรเป็นเบาหวาน

การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด

ในภาวะปกติร่างกายจะรักษาระดับน้ำตาลในเลือดให้อยู่ระหว่าง 70-100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร [6] ร่างกายจึงมีการควบคุมระดับกลูโคสให้อยู่ในเกณฑ์ปกติด้วยความสมดุลของอัตราการผลิต (glucose production) และอัตราการใช้ (glucose utilization) เนื่องจากร่างกายต้องนำกลูโคสมาใช้กับอวัยวะ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเนื้อเยื่อตอบสนองต่ออินซูลิน ได้แก่ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน เนื้อเยื่อเหล่านี้นำกลูโคสเข้าเซลล์โดยอาศัยตัวพาซึ่งถูกกระตุ้นด้วยอินซูลิน และกลุ่มเนื้อเยื่อที่ไม่ตอบสนองต่ออินซูลิน ได้แก่ สมอง เม็ดเลือดแดง และไต เนื้อเยื่อเหล่านี้นำกลูโคสเข้าเซลล์โดยการแพร่ซึ่งไม่ถูกกระตุ้นด้วยอินซูลิน ในกรณีที่ร่างกายอยู่ในภาวะเบาหวาน เนื่องจากขาดอินซูลิน หรือเนื้อเยื่อไม่ตอบสนองต่อฤทธิ์ของอินซูลิน ทำให้การควบคุมระดับกลูโคสโดยอินซูลินผิดปกติ ร่างกายจะสลายไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการสร้างกลูโคส และส่งกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง

ดังนั้นควบคุมการออกฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือดจึงมีหลายเป้าหมายด้วยกัน เช่น กระตุ้นการหลั่งอินซูลินจากเบต้าเซลล์ของตับอ่อน (insulin secretagogues) ลดการสร้างกลูโคสที่ตับทำให้อินซูลินทำงานดีขึ้นทำให้กลูโคสเข้าเซลล์เพิ่มขึ้น (insulin sensitizer) หรือแม้กระทั่งการลดการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตในลำไส้เล็ก เป็นต้น

ยาที่ใช้รักษาโรคเบาหวาน

ยาที่ใช้ลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานในปัจจุบันมี 2 กลุ่มใหญ่ๆ [7] คือ

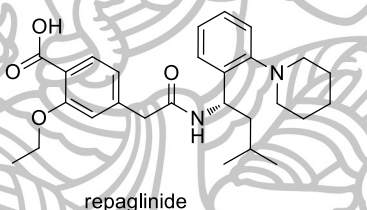
1. ยานีดอินซูลิน (insulin injection)

รักษาด้วยการฉีดอินซูลินนี้จะใช้ในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 1 ทุกราย และผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 ที่ควบคุมด้วยยาเม็ดลดระดับน้ำตาลในเลือดแล้วไม่ได้ผล หรือผู้ป่วยที่มีภาวะแทรกซ้อนเฉียบพลัน ตั้งครรภ์ มีการเจ็บป่วยเฉียบพลัน และมีระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่า 300 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ถึงแม้ว่าไม่มีภาวะแทรกซ้อนเฉียบพลัน

2. ยาเม็ดลดระดับน้ำตาลในเลือด (oral antidiabetic drugs) ส่วนใหญ่ใช้ในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ

2.1 ยากระตุ้นการหลั่งอินซูลิน (insulin secretagogues)

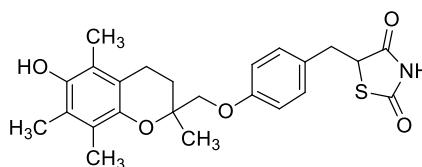
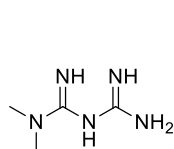
ได้แก่ กลุ่ม sulphonylurea และ repaglinide ยากลุ่มนี้จะออกฤทธิ์ในการกระตุ้นการหลั่งอินซูลินของเบต้าเซลล์ในตับอ่อนโดยตรงดังรูปที่ [1.1]



รูปที่ [1.1] แสดง โครงสร้างทางเคมีของยา repaglinide

2.2 ยาลดภาวะดื้อต่ออินซูลิน (insulin sensitizer)

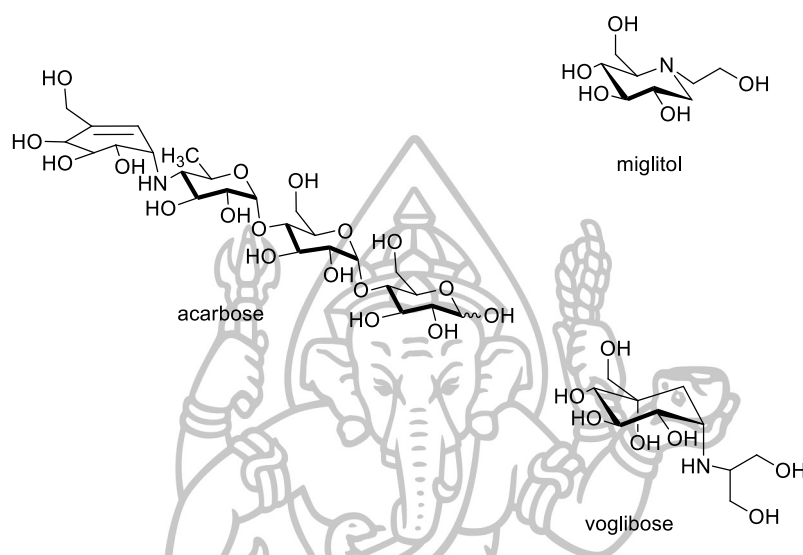
แบ่งเป็นกลุ่ม biguanide ยากลุ่มนี้ได้แก่ metformin ออกฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างกลูโคสที่ตับเป็นหลัก ทำให้อินซูลินออกฤทธิ์ที่กล้ามเนื้อดีขึ้น ทำให้น้ำตาลเข้าเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย และกลุ่ม thiazolidinedione ได้แก่ troglitazone เพิ่มการออกฤทธิ์ของอินซูลินในกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมันเป็นหลัก และยับยั้งการสร้างกลูโคสที่ตับด้วย ดังรูปที่ [1.2]



รูปที่ [1.2] แสดง โครงสร้างทางเคมีของยา metformin และ troglitazone

2.3 ยาลดการดูดซึมกลูโคส (α -glucosidase inhibitor)

ได้แก่ acarbose, miglitol และ voglibose ออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสที่ผนังลำไส้ทำให้การดูดซึมกลูโคสลดลงหรือช้าลง มีผลในการลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังอาหาร (postprandial glucose levels) เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ [1.3]



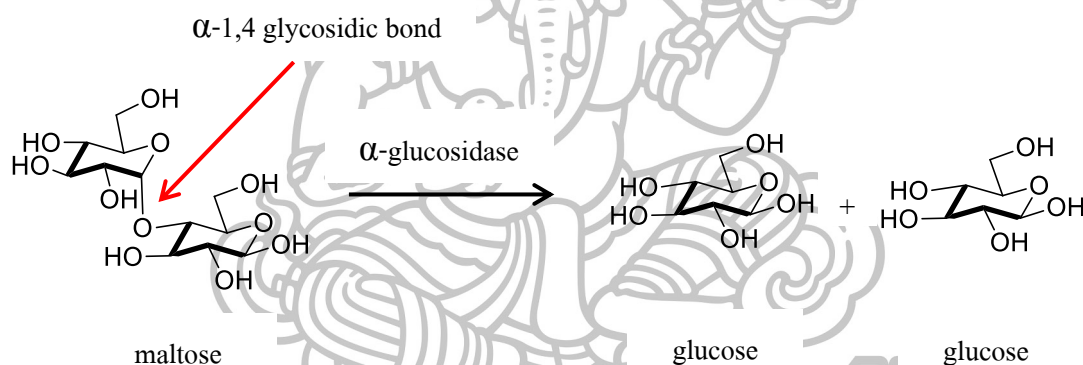
รูปที่ [1.3] แสดงโครงสร้างทางเคมีของยา acarbose, miglitol และ voglibose

ในปัจจุบันพบว่าโรคเบาหวานไม่ได้มีสาเหตุจากพันธุกรรมเพียงอย่างเดียว เนื่องจากในปัจจุบันผู้คนใช้ชีวิตอย่างรีบเร่ง พฤติกรรมการบริโภคก็เปลี่ยนแปลงไป คือหันมารับประทานอาหารจานด่วน (fast food) เพื่อความสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาหารเหล่านี้มักเป็นอาหารจำพวก แป้ง ไขมัน และน้ำตาลมาก เมื่อรับประทานเข้าไปจะทำให้เกิดภาวะโภชนาการเกิน ทำให้เป็นโรคอ้วน และจะทำให้เสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน ภาวะความดันโลหิตสูง ภาวะไขมันในเลือดสูง และพบว่าโรคเหล่านี้มีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี

การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

ฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (Alpha-glucosidase inhibitory assay)

เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่ง มักพบในบริเวณลำไส้เล็กทำหน้าที่ในการย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส (glucose) ดังรูปที่ [1.4] เพื่อให้ร่างกายสามารถดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดและนำไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆของร่างกายต่อไป ดังนั้น ถ้าสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งในการชะลอหรือยับยั้งการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดจะลดลง ทำให้ผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 เกิดสภาวะการคั่งของน้ำตาลในเลือดลดลงด้วยเช่นกัน



รูปที่ [1.4] รูปแสดงโครงสร้างการย่อยน้ำตาลมอลโทสด้วยเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

แนวเหตุผล ทฤษฎีสำคัญ หรือสมมติฐานสำหรับพืชในวงศ์ Zingiberaceae

พรรณไม้ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) มีอยู่ทั่วโลกประมาณ 52 สกุล (genera) ประมาณ 1,300 ชนิด (species) ในประเทศไทยมีรายงานพบประมาณ 25 สกุล ประกอบไปด้วยพืชประมาณ 300 ชนิด พืชในวงศ์นี้มีลักษณะเด่นคือ เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินแบบไรโซมหรือเหง้า และมีกลิ่นเฉพาะซึ่งเกิดจากน้ำมันหอมระเหยที่เป็นต่อมน้ำมันอยู่ภายในเซลล์ เจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นที่มีความชื้นสูง ศูนย์กลางการกระจายพันธุ์อยู่ที่ทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คนไทยส่วนใหญ่มักคุ้นเคยกับพืชวงศ์นี้เป็นอย่างดี ตัวอย่างพืชในวงศ์นี้ที่พบในไทยนิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารหรือเป็นเครื่องเทศ เช่น ขิง (*Zingiber officinale*) ข่า (*Alpinia galanga*) กระชาย (*Boesenbergia rotunda*) กระวาน (*Amomum testaceum*) ขมิ้น (*Curcuma longa*) นำมาใช้เป็นสมุนไพร เช่น ว่านชักมดลูก (*Curcuma zanthorhiza*) มหาหงส์ (*Hedychium coronarium*) และนำมาใช้เป็นไม้ประดับ เช่น ดาหลา (*Etilinger elatior*) และปทุมมาหรือดอกกระเจียว (*Curcuma alismatifolia*) เป็นต้น [8] แสดงดังรูป [1.5] จากการสืบค้นทางวิชาการพบว่าได้มีการทำวิจัยพืชในวงศ์ Zingiberaceae พบว่าผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่แยกได้จากพืชในวงศ์นี้แสดงฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น *Hedychium coronarium* [9] รายงานการออกฤทธิ์การยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด MOLT-3 (acute lymphoblastic leukemia cells, MOLT-3), *Kaempferia parviflora* [10] รายงานการออกฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (inhibition α -glucosidase activity), *Alpinia oxyphylla* [11] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ และ *Hedychium spicatum* [12] รายงานการออกฤทธิ์การยับยั้งเซลล์มะเร็งปากมดลูก (Hela cells) เป็นต้น โดยพบว่าพืชในวงศ์นี้เป็นแหล่งของสารเคมีในกลุ่ม diaarylheptanoids, sesquiterpene, diterpene และ flavonoids



มหาหงส์



ข่า



กระชายดำ

รูปที่ [1.5] แสดงภาพพืชในวงศ์ Zingiberaceae

สำหรับพืชในสกุล *Curcuma* หรือที่รู้จักกันในสกุลขมิ้นนั้น เป็นสกุลขนาดใหญ่อีกสกุลหนึ่งของพืชวงศ์ขิงคาดว่ามีความประมาณ 80 ชนิดทั่วโลก เป็นสกุลที่ยากต่อการจำแนก เนื่องจากมีความแปรผันสูงมาก สำหรับประเทศไทยมีพืชสกุล *Curcuma* ประมาณ 38 ชนิด จากการสืบค้นทางวิชาการพบว่ามีการศึกษาพืชในสกุลนี้เป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือ ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase) [13] ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีหน้าที่สำคัญในการย่อยโปรตีนประเภทที่สอง อีกทั้งยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์นิวรามินิเดส (neuraminidase) ของไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์เอช1เอ็น1 และ เอช9เอ็น2 [14] เป็นต้น

ประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติแห่งหนึ่งของโลกเนื่องจากตั้งอยู่ในแถบศูนย์สูตร ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต จึงมีการนำพืชมาใช้เป็นยาแผนโบราณในการรักษาโรคมมาตั้งแต่ในอดีตโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชสมุนไพร แต่เนื่องจากพืชโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมีหลายชนิดทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าองค์ประกอบใดที่มีผลต่อการรักษาโดยตรงส่งผลให้ผู้ป่วยจำเป็นต้องรับประทานพืชชนิดนั้นเป็นจำนวนมากทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณของสารเคมีที่ได้รับ ซึ่งการที่ไม่ทราบขนาดของยาและสารออกฤทธิ์อาจได้รับสารพิษที่ปนมาด้วยซึ่งจะส่งผลให้ตับ ไต หรือหัวใจเสื่อมลงได้ ในปัจจุบันได้มียาหลายชนิดที่ใช้ในการรักษาโรคเบาหวานที่แยกได้จากพืช จึงจำเป็นต้องหาสารบริสุทธิ์ที่มีความสามารถในการรักษาโรคเบาหวานให้มีความจำเพาะเจาะจงมากที่สุดและมีผลข้างเคียงน้อยที่สุดเพื่อให้ยามีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือมากกว่ายาที่ใช้ในปัจจุบัน

รายละเอียดต้นไม้ที่ทำการศึกษา

ว่านนางคำ (*Curcuma aromatic* Salisb) เป็นพืชในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ศูนย์กลางการกระจายพันธุ์ตั้งแต่อินเดียจนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นไม้ล้มลุกสูงประมาณ 1 เมตร ลักษณะมีลำต้นเหนือดินเกิดจากกาบใบโอบซ้อนรวมตัวกันแน่นเป็นลำต้นเทียม (Pseudostem) เหง้าหรือหัว (rhizome) มีขนาดใหญ่สีเหลืองอยู่ใต้ดิน มีลำต้นแทงขึ้นมาจากหัว มีกลิ่นหอม แตกแขนงเป็นแงะคล้ายขมิ้นชัน เนื้อในมีสีเหลืองเข้มหรือสีเหลืองทอง เหง้าจะมีการพักตัวในช่วงฤดูหนาวและเริ่มงอกขึ้นมาใหม่ในช่วงต้นฤดูฝนของปีถัดไป ดังรูปที่ [1.6]



รูปที่ [1.6] รูปแสดง เหง้าหรือหัวของว่านนางคำ [15]

ใบเป็นใบเลี้ยงเดี่ยวเป็นรูปหอกกว้าง ปลายใบเรียวแหลม ใต้ท้องใบมีขน ใบมีความกว้างประมาณ 10-14 ซม. และยาวประมาณ 40-70 ซม. ออกดอกเป็นช่อเชิงลด มักมีดอกก่อนใบงอกจากเหง้า มีช่อดอกยาวประมาณ 5-8 ซม. มีใบประดับที่ปลายช่อมีสีชมพู ใบประดับที่รองรับมีดอกสีขาวแกมสีเขียว ส่วนใบประดับย่อยมีสีขาว ยาวประมาณ 2 ซม. มีกลีบเลี้ยงยาวประมาณ 2 ซม. กลีบดอกมีสีขาวแกมชมพู แฉกกลางเป็นรูปไข่กว้าง แฉกข้างเป็นรูปขอบขนาน กลีบปากเป็นรูปโล่แยกเป็น 3 แฉก มีสีเหลืองเข้ม ออกดอกในต้นฤดูฝน ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการแยกหัวไปปลูก ดังรูปที่ [1.7]



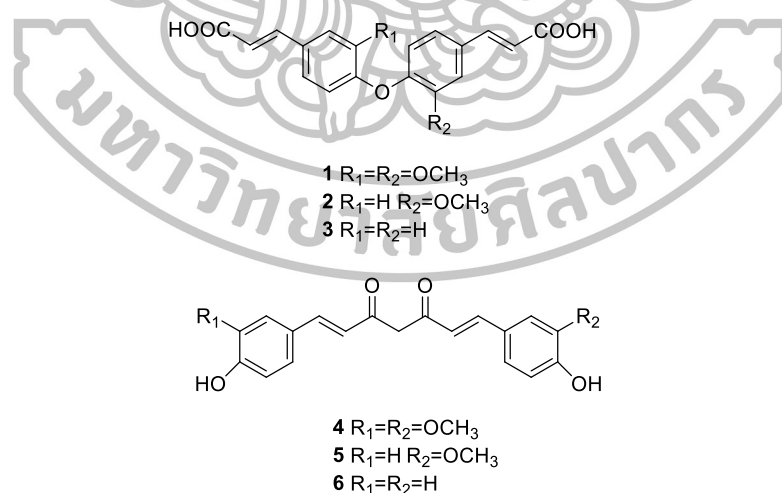
รูปที่ [1.7] รูปแสดง ใบเลี้ยงและดอกของว่านนางคำ [16]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับพืชในวงศ์ Zingiberaceae (สกุล *Curcuma*)

พืชในสกุล *Curcuma* ทั่วโลกมีประมาณ 80 ชนิด จากการสืบค้นทางวิชาการ พบว่าได้มีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชในสกุล *curcuma* ได้แก่ *C. chuanyujin* [17], *C. parviflora* [18-21], *C. comosa* [23-25], *C. manga* [27], *C. wenyujin* [29-36], *C. longa* [13,14,38], *C. kwangsiensis* [40,41], *C. heyneana* [43], *C. phaeocaulis* [45-47], *C. zedoaria* [49], *C. amada* [51] และ *C. aromatica* Salisb [53-60] โดยพบสารในกลุ่ม lignans, diterpene glucoside, diarylheptanoids, curcuminoid, diterpenes และ sesquiterpenes

Curcuma chuanyujin

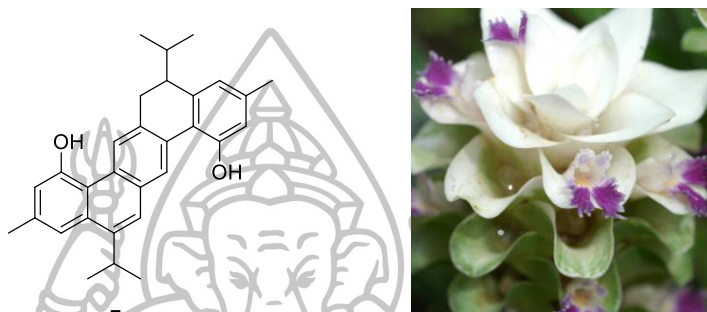
ปี 2000 Jing และคณะ [17] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม biphenyl ether lignans คือ 1-feruloyloxy-2-methoxy cinnamic acid (1), 1-feruloyloxy cinnamic acid (2) และ (1-*p*-hydroxycinnamoyl) cinnamic acid (3) นอกจากนี้ยังแยกสารที่ถูกค้นพบแล้ว คือ curcumin (4), monodemethoxycurcumin (5) และ bisdemethoxycurcumin (6) จาก *Curcuma chuanyujin* ดังรูปที่ [1.8] พบว่า curcumin (4), monodemethoxycurcumin (5) และ bisdemethoxycurcumin (6) ที่ความเข้มข้น เท่ากับ 3.02, 5.03 และ 2.98 μg ตามลำดับ สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ 50 %



รูปที่ [1.8] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ และ *Curcuma chuanyujin*

Curcuma parviflora

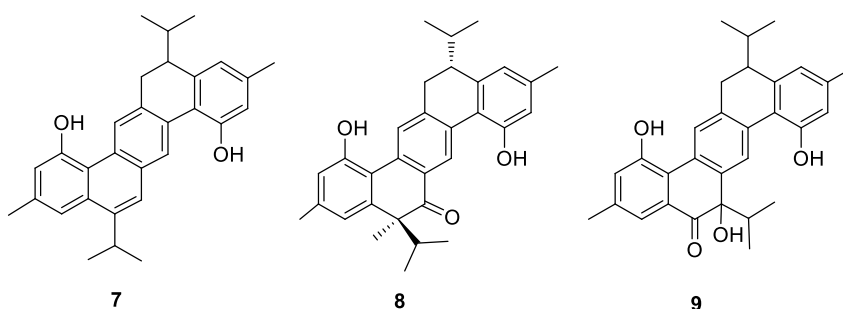
ในปี 2003 Masae และคณะ [18] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม sesquiterpene-dimer คือ parviflorene A (7) ดังรูปที่ [1.9] มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (murine lymphocytic leukemia cells, P388) และเซลล์มะเร็งผิวหนังของหนู B16 (mouse melanoma cells, B16) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.2 และ 4.1 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ

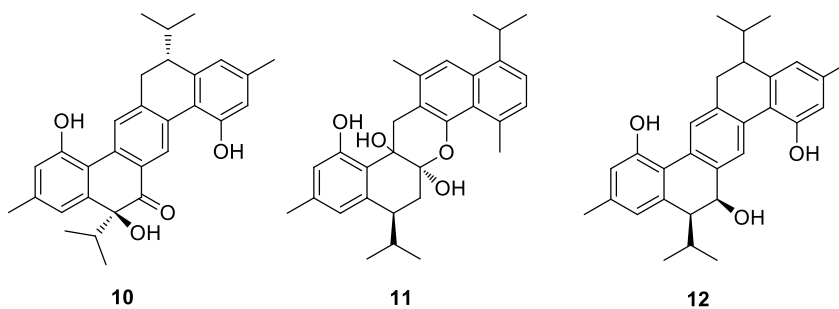


Curcuma parviflora

รูปที่ [1.9] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2003 และ *Curcuma parviflora* [22]

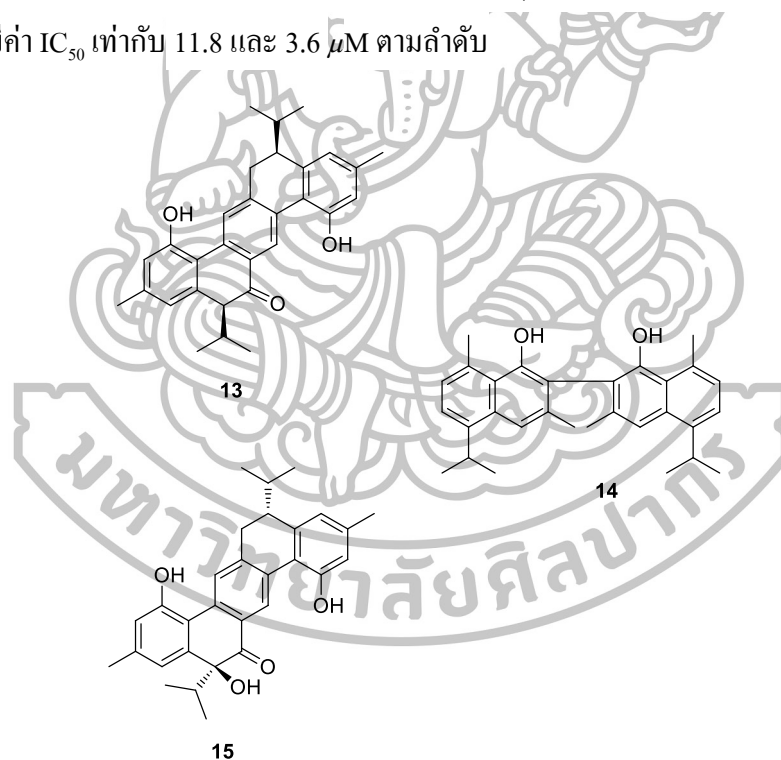
ปี 2004 Kazufumi และคณะ [19] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 5 ชนิดในกลุ่ม sesquiterpene-dimer คือ parviflorene B-F (8-12) และสารที่เคยถูกค้นพบมาแล้ว คือ parviflorene A (7) ดังรูปที่ [1.10] พบว่าสาร 6 ชนิดมีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งช่องปาก (human oral cancer cells, KB) มีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 1.1-5.9 $\mu\text{g/mL}$ สำหรับ parviflorene C (9), parviflorene E (11) และ parviflorene F (12) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (human prostate cancer cells) พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.8, 7.1 และ 4.6 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (human adult leukemia cells) พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.8, 6.3 และ 5.9 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ





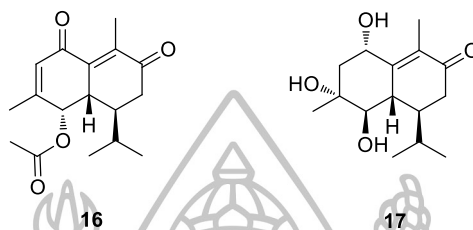
รูปที่ [1.10] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma parviflora* ในปี 2004

ปี 2005 Kazufumi และคณะ [20] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 3 ชนิดในกลุ่ม sesquiterpene-dimer คือ parviflorene G-I (13-15) ดังรูปที่ [1.11] และสารที่เคยถูกค้นพบมาแล้ว 4 ชนิด คือ parviflorene A (7), parviflorene B (8), parviflorene D (10) และ parviflorene F (12) พบว่า parviflorene G (13) และ parviflorene I (15) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งปากมดลูก (Hela cells) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.8 และ 3.6 μM ตามลำดับ



รูปที่ [1.11] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma parviflora* ในปี 2005

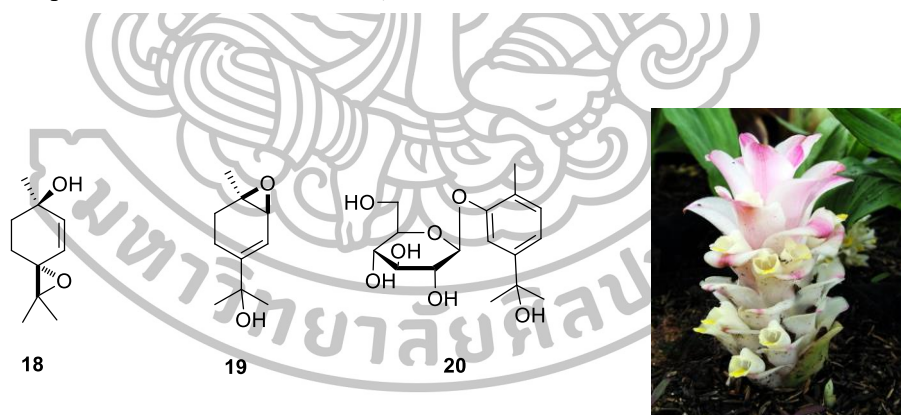
ปี 2008 Samir และคณะ [21] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 2 ชนิดในกลุ่ม cadinane sesquiterpenes คือ 4 α -acetoxycadina-2,9-diene-1,8-dione (16) และ 1 α ,3 α ,4 β -trihydroxy-9-cadinene-8-one (17) ดังรูปที่ [1.12]



รูปที่ [1.12] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma parviflora* ในปี 2008

Curcuma comosa

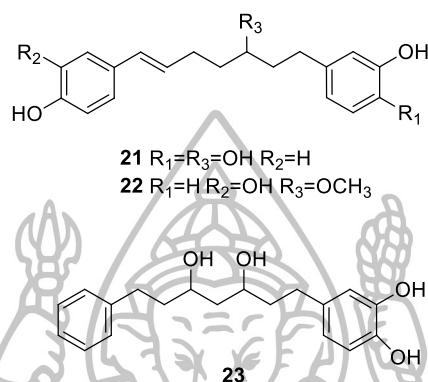
ในปี 2008 Seikou และคณะ [23] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 3 ชนิดในกลุ่ม monoterpenes คือ comosoxide A (18), comosoxide B (19) และ comosoxide (20) จาก ดังรูปที่ [1.13]



Curcuma comosa

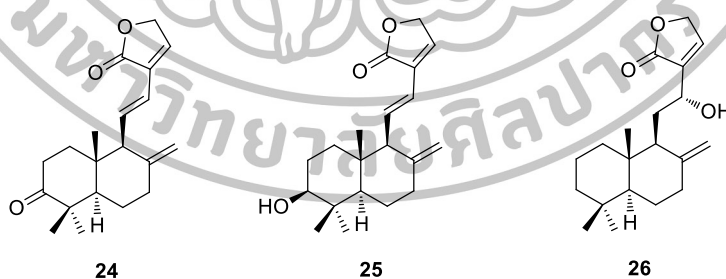
รูปที่ [1.13] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2008 และ *Curcuma comosa* [26]

ปี 2009 Rawiwun และคณะ [24] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 3 ชนิด ในกลุ่ม diarylheptanoids คือ 1-(3,4-dihydroxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)-(6*E*)-6-hepten-3-ol (**21**), 1-(3-hydroxyphenyl)-7-(3,4-dihydroxyphenyl)-3-methoxy-(6*E*)-6-heptene (**22**) และ (3*R*,5*R*)-1-(3,4-dihydroxyphenyl)-7-phenyl-heptane-3,5-diol (**23**) ดังรูปที่ [1.14]



รูปที่ [1.14] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma comosa* ในปี 2009

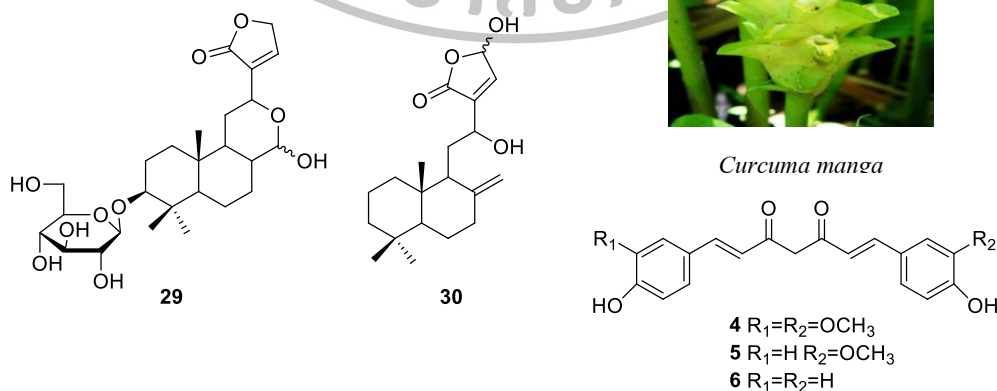
ปี 2010 Ratchanaporn และคณะ [25] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 3 ชนิดในกลุ่ม labdane diterpenes คือ curcucomosins A-C (**24-26**) ดังรูปที่ [1.15] พบว่า curcucomosins C (**26**) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เม็ดเลือดขาว (human erythroid leukemia cells, K562) ได้ที่ความเข้มข้น $30 \mu M$



รูปที่ [1.15] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ และ *Curcuma comosa* ในปี 2010

Curcuma manga

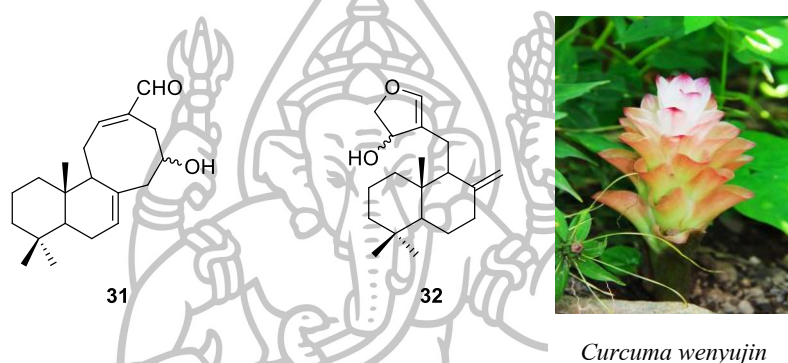
ในปี 2005 Faridah และคณะ [27] สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม labdane diterpene glucoside คือ cucumangoside (29) และสารที่ถูกค้นพบแล้ว คือ zerumin B (30), curcumin (4), demethoxycurcumin (5) และ bisdemethoxycurcumin (6) จาก *Curcuma manga* ดังรูปที่ [1.16] พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้หลายชนิดดังนี้ zerumin B (30) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านม (breast cancer cells, MCF-7) เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (human leukemia cells, HL-60) เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (human prostate cancer cells, Du-145) และ เซลล์มะเร็งตับ (liver cancer cells, HepG2) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.59, 7.21, 11.21 และ 25.33 μM ตามลำดับ curcumin (4) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านม (breast cancer cells, MCF-7) เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (human prostate cancer cells, Du-145) เซลล์มะเร็งปอด (lung cancer cells, NCI-H460) เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (human promyeloid leukemia cells, HL-60) และ เซลล์มะเร็งตับ (liver cancer cells, HepG2) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 10.44, 20.6, 27.6, 34.22 และ 35.53 μM ตามลำดับ demethoxycurcumin (5) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านม (breast cancer cells, MCF-7) เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (human prostate cancer cells, Du-145) เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (human promyeloid leukemia cells, HL-60) และ เซลล์มะเร็งปอด (lung cancer cells, NCI-H460) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 18.51, 21.7, 24.21 และ 25.7 μM ตามลำดับ bisdemethoxycurcumin (6) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว (human promyeloid leukemia cells, HL-60) เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมาก (human prostate cancer cells, Du-145) เซลล์มะเร็งเต้านม (breast cancer cells, MCF-7) และ เซลล์มะเร็งปอด (lung cancer cells, NCI-H460) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 25.12, 30.1, 33.78 และ 88.1 μM ตามลำดับ



รูปที่ [1.16] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma manga* [28]

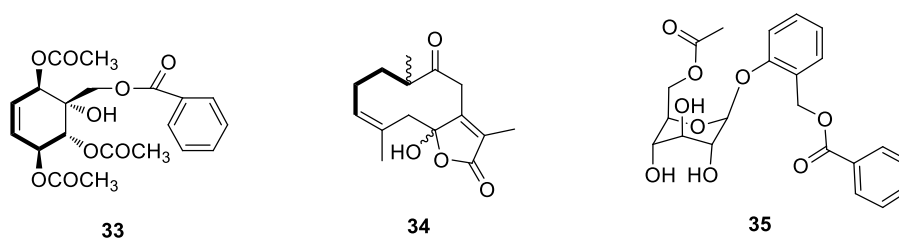
Curcuma wenyujin

ในปี 2008 Peng และคณะ [29] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม diterpene 2 ชนิด คือ curcuminol D (31) และ curcuminol E (32) ดังรูปที่ [1.17] พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว 2 ชนิดคือ human promyeloid leukemia cells (HL-60) และ human erythroid leukemia cells (K562) ดังนั้น curcuminol D (31) ฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว HL-60 และ K562 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 11.2 และ 3.2 $\mu\text{g/mL}$ curcuminol E (32) ฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว HL-60 และ K562 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.2 และ 2.7 $\mu\text{g/mL}$



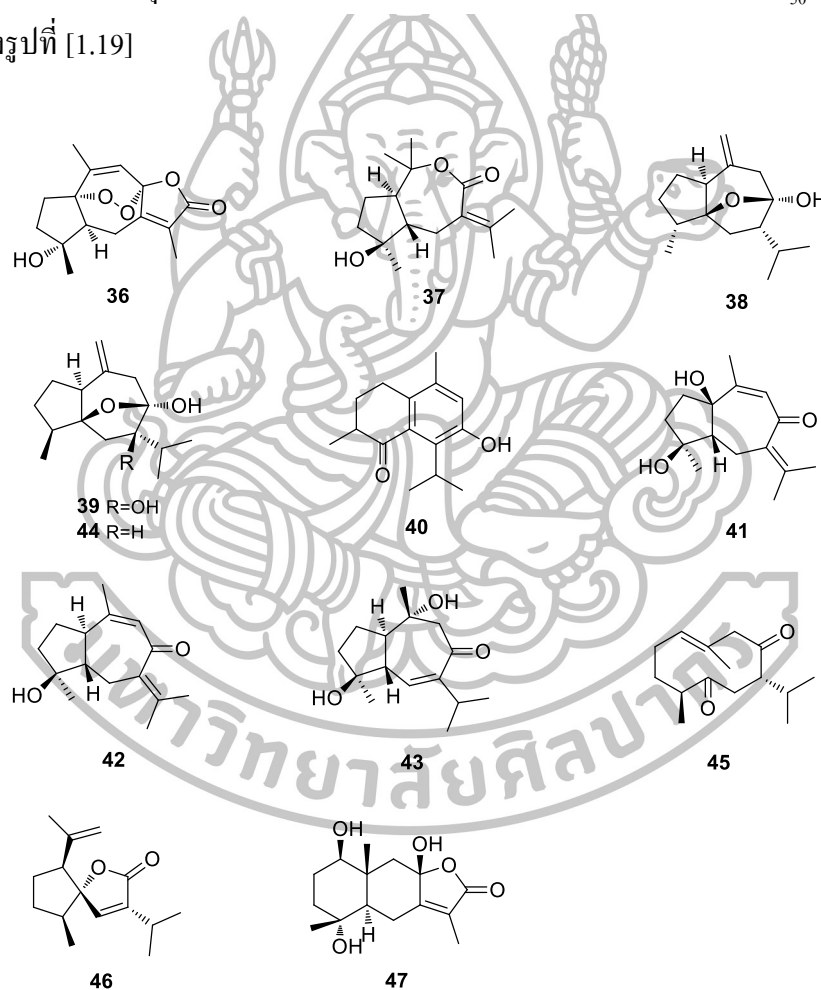
รูปที่ [1.17] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2008 และ *Curcuma wenyujin* [37]

ปี 2009 Zhong-Jun และคณะ [30] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 3 ชนิด คือ curcuminol F (33), curcuminol G (34) และ wenyujinoside (35) ดังรูปที่ [1.18] พบว่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว 2 ชนิด คือ human promyeloid leukemia cells (HL-60) และ human erythroid leukemia cells (K562) ดังนั้น curcuminol F (33) แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว HL-60 และ K562 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 14.8 และ 100 $\mu\text{g/mL}$ wenyujinoside (35) แสดงฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว HL-60 และ K562 มีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.9 และ 100 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ



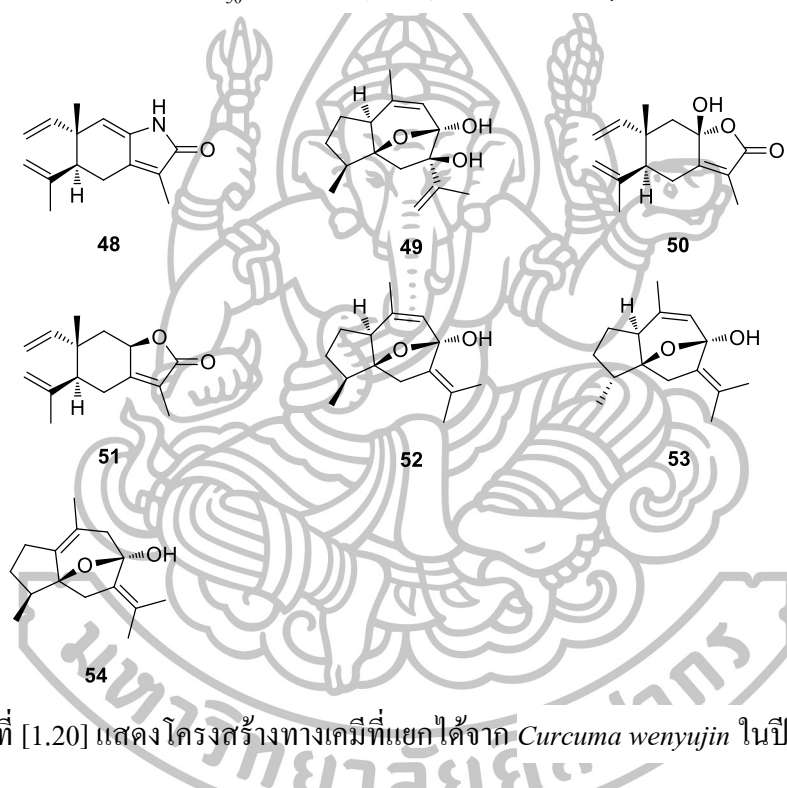
รูปที่ [1.18] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2009

ปี 2013 Jian-Yong และคณะ [31] รายงานการออกฤทธิ์ในการยับยั้งไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ A สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติใหม่ในกลุ่ม sesquiterpenes 5 ชนิด คือ $1\alpha,8\alpha$ -epidioxy- 4α -hydroxy- $5\alpha H$ -guai-7 (11),9-dien-12,8-olide (36), 8,9-seco- 4β -hydroxy- $1\alpha,5\beta H$ -7 (11)-guaen-8,10-olide (37), 8α -hydroxy- $1\alpha,4\beta,7\beta H$ -guai-10(15)-en- $5\beta,8\beta$ -endoxide (38) และ $7\beta,8\alpha$ -dihydroxy- $1\alpha,4\alpha H$ -guai-10(15)-en- $5\beta,8\beta$ -endoxide (39) และ 7-hydroxy-5(10),6,8-cadinatriene-4-one (40) นอกจากนี้ยังแยกสารที่เคยถูกค้นพบแล้ว (41-47) คือ aerugidiol (41), procurcumenol (42), alismoxide (43), curcumol (44), curdione (45), curcumalactone (46) และ curcolide (47) เมื่อนำสารทุกตัวไปทดสอบพบว่าสารชนิด (36-45) และ (47) มีค่า IC_{50} ในช่วง 6.80 - 39.97 μM ดังรูปที่ [1.19]



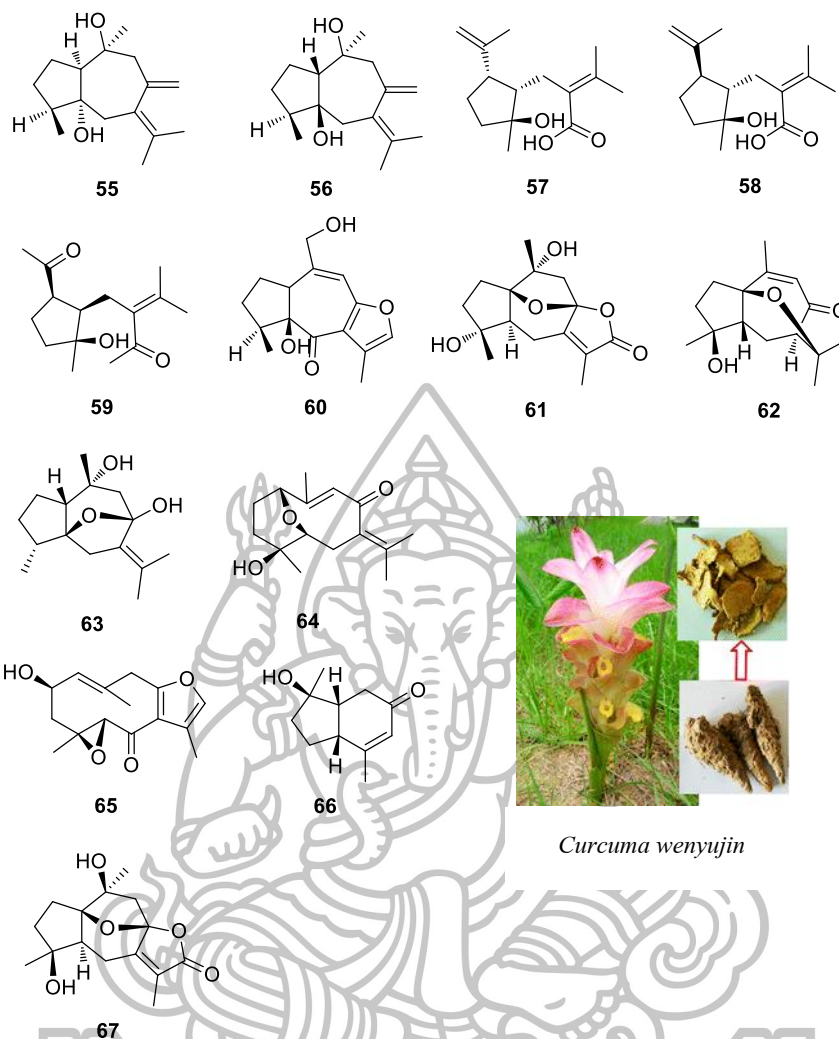
รูปที่ [1.19] แสดง โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2013

ในปีเดียวกัน Guangan และคณะ [32] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริก ออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7 macrophages) สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติใหม่ในกลุ่ม sesquiterpenes 2 ชนิด คือ elema-1,3,7(11),8-tetraen-8,12-lactam (48) และ $7\beta,8\alpha$ -dihydroxy- $1\alpha,4\alpha$ H-guai-9,11-dien- $5\beta,8\beta$ -endoxide (49) นอกจากนี้ยังแยกสารที่เคยถูกค้นพบแล้ว (50-54) คือ hydroxyisogermafurenolide (50), isogermafurenolide (51), curcumenol (52), 4-epicurcumenol (53) และ neocurcumenol (54) พบว่า elema-1,3,7(11),8-tetraen-8,12-lactam (48), hydroxyisogermafurenolide (50), curcumenol (52) และ neocurcumenol (54) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 9.4, 17.5, 52.3 และ 97.9 μ M ตามลำดับ ดังรูปที่ [1.20]



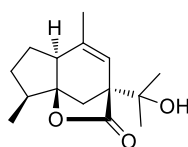
รูปที่ [1.20] แสดง โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2013

ปี 2014 Guo-Ping และคณะ [33] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม sesquiterpenoids คือ wenyujinins A-K (55-66) และกลุ่ม monoterpenoid คือ wenyujinin L (66) นอกจากนี้ยังค้นพบสารที่ถูกค้นพบแล้ว คือ phaeocaulisin A (67) มีฤทธิ์ในการต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7 macrophages) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยลิโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) พบว่า wenyujinins G (61) และ phaeocaulisin A (67) มีค่า IC_{50} ต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารชนิดอื่น คือ 7.6 และ 8.5 μ M สำหรับ wenyujinins F (60) และ wenyujinins J (64) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 7.6 และ 8.5 μ M ดังรูปที่ [1.21]

*Curcuma wenyujin*

รูปที่ [1.21] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2014

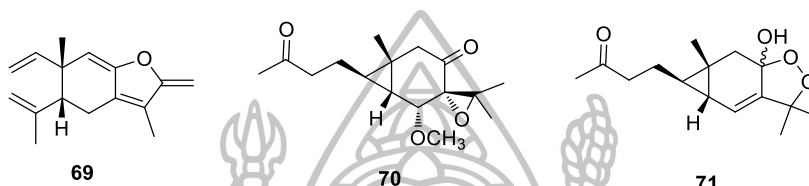
ปี 2015 Jianyong และคณะ [34] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ คือ curcumolide (68) แสดงการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7 macrophages) พบว่ามีค่าการต้านการอักเสบที่ความเข้มข้น 10 และ 20 μM เท่ากับ 57.90 และ 82.26% ดังรูปที่ [1.22]



68

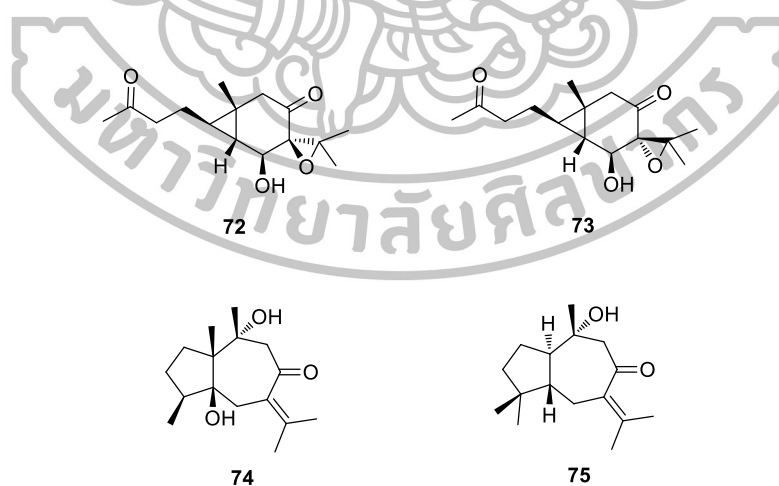
รูปที่ [1.22] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2015

ในปีเดียวกัน Guiyang และคณะ [35] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ จากการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม sesquiterpenes 3 ชนิด คือ $5\beta H$ -elem-1,3,7,8-tetraen-8,12-olide (69), $7\alpha,11$ -epoxy- 6α -methoxy-carabrane-4,8-dione (70) และ 8,11-epidioxy-8-hydroxy-4-oxo-6-carabren (71) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 73.18, 47.05 และ 25.36 μM ตามลำดับ ดังรูปที่ [1.23]



รูปที่ [1.23] แสดง โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2015

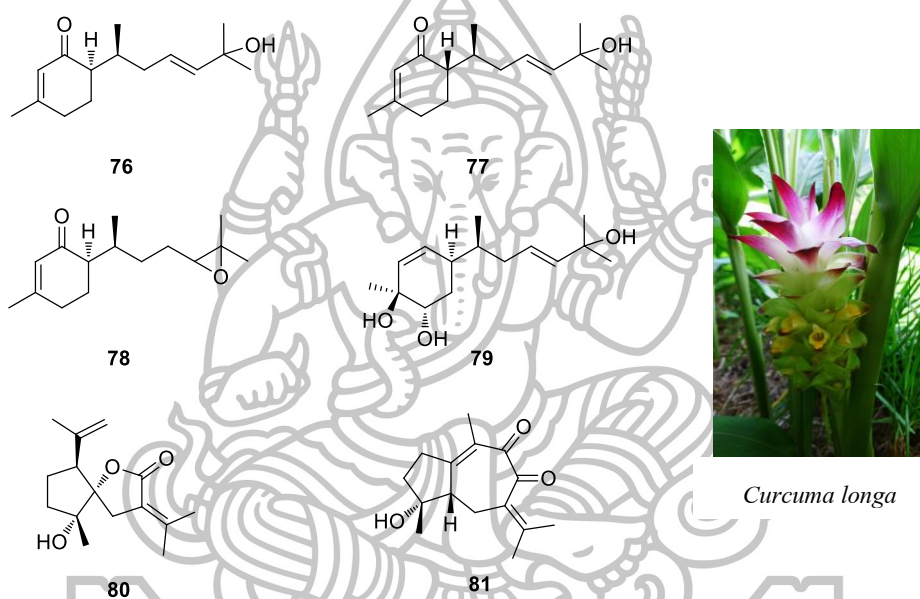
ปี 2016 Hui-Feng และคณะ [36] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม sesquiterpenes 4 ชนิด คือ 4,8-dioxo- 6β -hydroxyl- $7\beta,11$ -epoxycarabrane (72), 4,8-dioxo- 6β -hydroxyl- $7\alpha,11$ -epoxycarabrane (73), wenyujinins Q (74) และ wenyujinins R (75) พบว่า wenyujinins Q (74) แสดงการออกฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรีย *E.turcicum* และ *P.theae* มีค่า MIC เท่ากับ 25 $\mu g/mL$ ดังรูปที่ [1.24]



รูปที่ [1.24] แสดง โครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma wenyujin* ในปี 2016

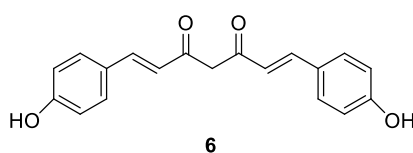
Curcuma longa

ในปี 2010 Jih-Jung และคณะ [38] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม sesquiterpenes 6 ชนิด คือ curculonone A (76), curculonone B (77), curculonone C (78), curculonone D (79), 6 α -hydroxycurcumanolide A (80) และ 1,10-dehydro-10-deoxy-9-oxozedoarondiol (81) พบว่า curculonone A (76), curculonone B (77) และ 6 α -hydroxycurcumanolide A (80) แสดงการยับยั้งการก่อให้เกิดสารต้านอนุมูลอิสระ มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 16.06, 18.22 และ 17.50 μ M ตามลำดับ ดังรูปที่ [1.25]



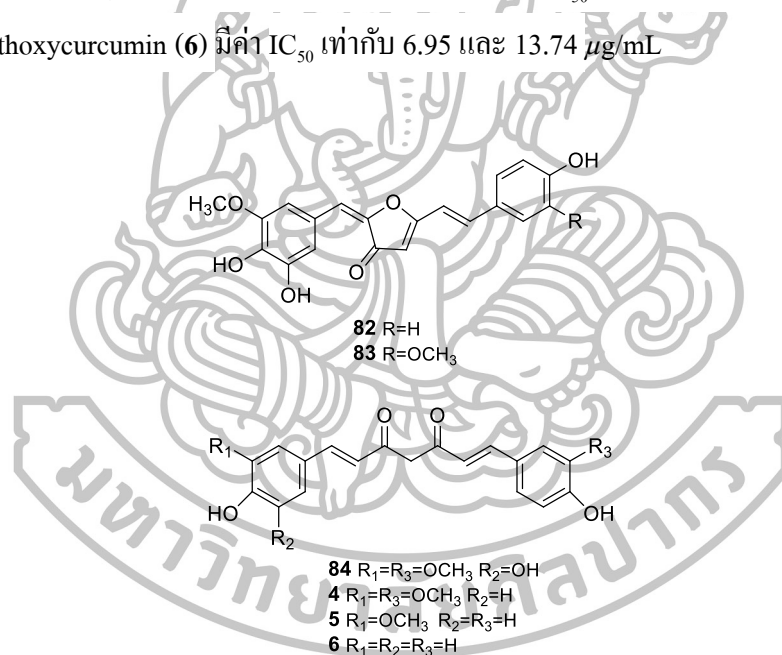
รูปที่ [1.25] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2010 และ *Curcuma longa* [39]

ปี 2012 Sudha และคณะ [13] รายงานการแยกสารในกลุ่ม curcuminoid คือ bisdemethoxycurcumin (6) จาก *Curcuma longa* พบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -amylase inhibitor) ที่ได้จากตับอ่อนของมนุษย์และสุกร มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.025 และ 0.026 mM ดังรูปที่ [1.26]



รูปที่ [1.26] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma longa* ในปี 2012

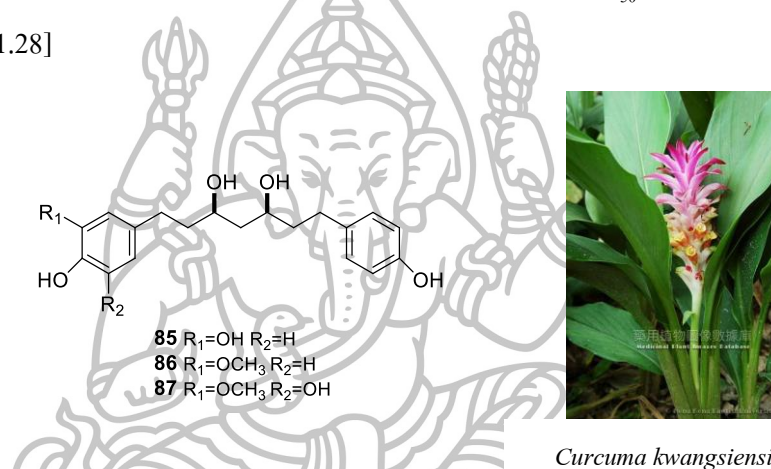
ในปีเดียวกัน Trong และคณะ [14] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม curcuminoid 3 ชนิด คือ curcumalongin A (**82**), curcumalongin B (**83**) และ curcumalongin B (**84**) และสารที่ถูกค้นพบแล้ว คือ curcumin (**4**), demethoxycurcumin (**5**) และ bisdemethoxycurcumin (**6**) ดังรูปที่ [1.27] มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์นิวรามินิเดส (neuraminidase) ของไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์เอทั้งสองสายพันธุ์ คือ H1N1 และ H9N2 ในเซลล์ human embryonic kidney cells (293T cells) พบว่าสารทั้งหมดที่แยกได้นั้นมีค่า IC_{50} อยู่ในช่วง 8.22-17.22 $\mu\text{g/mL}$ และ 6.17-18.25 $\mu\text{g/mL}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า คือ curcumin (**4**), demethoxycurcumin (**5**) และ bisdemethoxycurcumin (**6**) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการแสดงออกของเอนไซม์นิวรามินิเดส จากไวรัสไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ H1N1 (wild type) และ oseltamivir-resistant H1N1 (H274Y mutant สายพันธุ์ที่ดื้อต่อยา oseltamivir) ดังนี้คือ curcumin (**4**) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.46 และ 6.50 $\mu\text{g/mL}$ demethoxycurcumin (**5**) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.36 และ 11.29 $\mu\text{g/mL}$ และ bisdemethoxycurcumin (**6**) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 6.95 และ 13.74 $\mu\text{g/mL}$



รูปที่ [1.27] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma longa* ในปี 2012

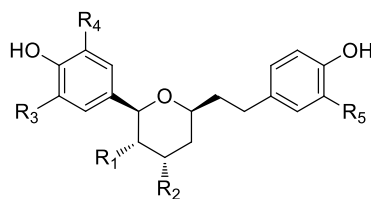
Curcuma kwangsiensis

ในปี 2011 Jun และคณะ [40] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7 macrophages) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยลิโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติใหม่ในกลุ่ม diarylheptanoids คือ *rel*-(3*R*,5*S*)-3,5-dihydroxy-1-(3,4-dihydroxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl) heptane (**85**), *rel*-(3*R*,5*S*)-3,5-dihydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)-heptane (**86**) และ *rel*-(3*R*,5*S*)-3,5-dihydroxy-1-(3-methoxy-4,5-dihydroxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)heptane (**87**) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 3.13, 2.81 และ 2.41 μM ดังรูปที่ [1.28]



รูปที่ [1.28] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma kwangsiensis* ในปี 2011 [42]

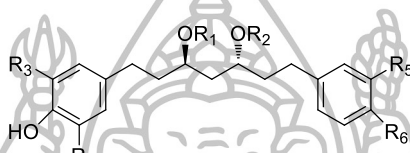
ปี 2015 Shao-Dan และคณะ [41] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม diarylheptanoids 5 ชนิด คือ (1*S*,3*S*,5*S*)-1,5-epoxy-3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-7-(4-hydroxyphenyl)heptane (**88**), (1*S*,5*R*)-1,5-epoxy-1-(4-hydroxyphenyl)-7-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)heptane (**89**), (1*R*,2*S*,5*S*)-1,5-epoxy-2-hydroxy-1,7-bis(3,4-dihydroxyphenyl)heptane (**90**), (3*R*,5*R*)-3,5-diacetyl-1,7-bis(4-hydroxyphenyl)heptane (**91**) และ (3*R*,5*R*)-3-acetyl-5-hydroxyl-1-(3,4-dihydroxyphenyl)-7-phenyl-heptane (**92**) รายงานการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งต่อมน้ำเหลือง (T-cell lymphoma cell line, HH) และเซลล์ผิวหนัง (human keratinocyte line, HaCaT) พบว่า (3*R*,5*R*)-3,5-diacetyl-1,7-bis(4-hydroxyphenyl)heptane (**91**) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 74.35 และ 74.63 μM ดังรูปที่ [1.29]



88 R₁=R₅=H R₂=OH R₃=R₄=OCH₃

89 R₁=R₂=R₃=R₄=H R₅=OCH₃

90 R₁=R₃=R₅=OCH₃ R₂=R₄=H



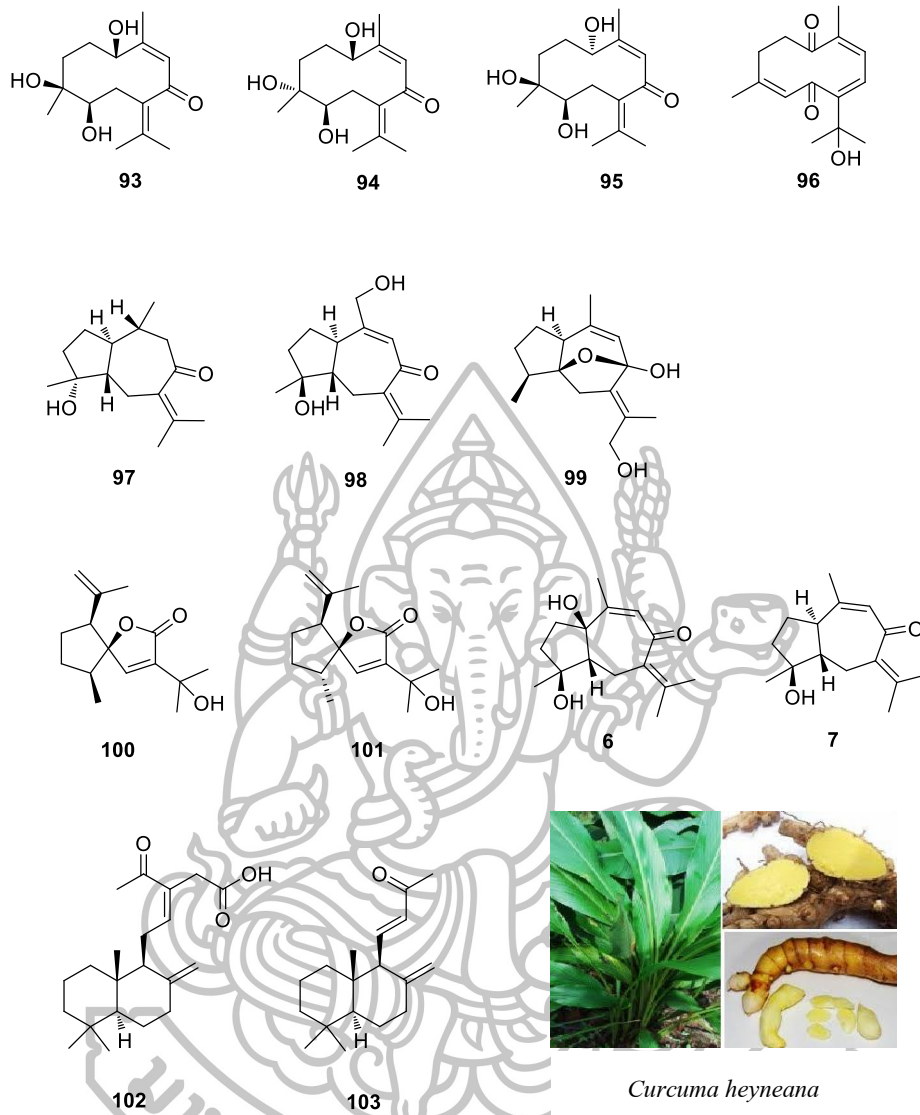
91 R₁=R₂=COCH₃ R₃=R₄=R₅=H R₆=OH

92 R₁=R₂=R₃=R₄=R₅=H R₆=OH

รูปที่ [1.29] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma kwangsiensis* ในปี 2015

Curcuma heyneana

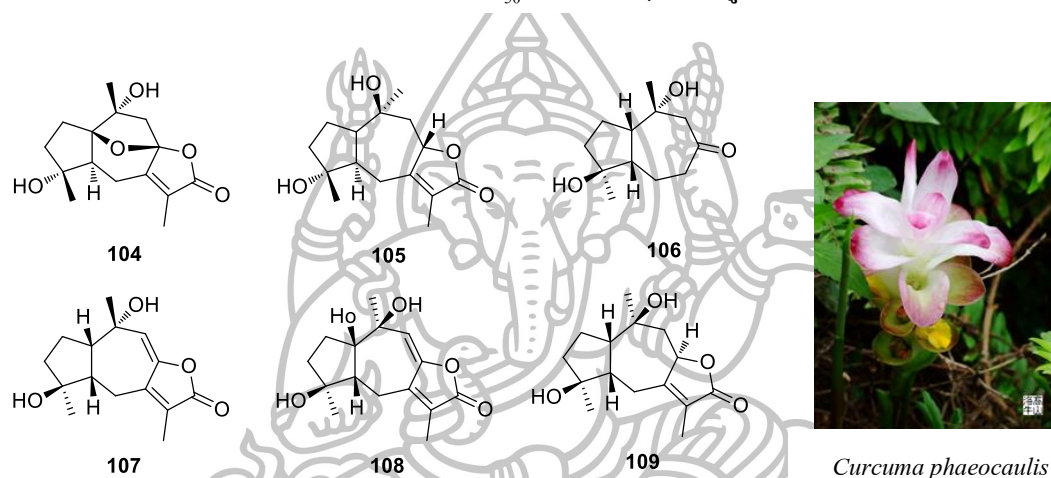
ปี 2013 Azis และคณะ [43] รายงานการยับยั้งการทำงานของโปรตีน tyrosine phosphatase 1B (PTP1B) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของอินซูลิน (insulin) พบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม germacranes 4 ชนิด คือ heyneanones A-D (**93-96**) กลุ่ม guaianes 3 ชนิด คือ 4,10-epizadoarondiol (**97**), 15-hydroxyprocurcumenol (**98**) และ 12-hydroxycurcumenol (**99**) และกลุ่ม spiro lactones 2 ชนิด คือ curcumanolides C (**100**) และ curcumanolides D (**101**) นอกจากนี้ยังค้นพบสารที่ถูกค้นพบแล้ว คือ aerugidiol (**6**), procurcumenol (**7**), zerumin (**102**) และ (*E*)-15,16-bisnorlabda-8(17),11-dien-13-one (**103**) เมื่อนำสารทุกตัวไปทดสอบพบว่า heyneanones A (**93**), heyneanones C (**95**), 4,10-epizadoarondiol (**97**), aerugidiol (**6**), procurcumenol (**7**), zerumin (**102**) และ ϵ -15,16-bisnorlabda-8(17),11-dien-13-one (**103**) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 42.5, 35.2, 35.1, 35.7, 45.6, 10.4 และ 14.7 μ M ตามลำดับ ดังรูปที่ [1.30]



รูปที่ [1.30] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2013 จาก *Curcuma heyneana* [44]

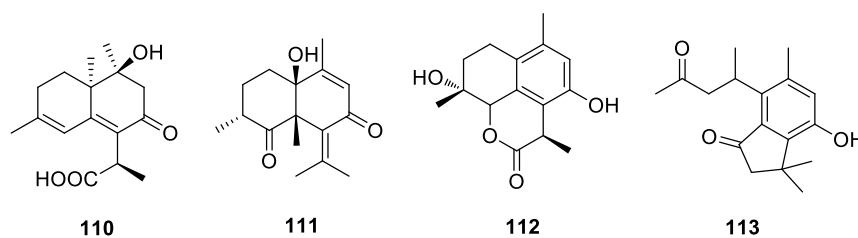
Curcuma phaeocaulis

ในปี 2013 Yue Liu และคณะ [45] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7 macrophages) ที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบด้วยลิโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในกลุ่ม guaianane-type sesquiterpenes คือ phaeocaulisins A (104), phaeocaulisins B (105), isozedoarondiol (106), zedoalactone B (107), zedoalactone D (108) และ zedoalactone A (109) พบว่าสารทั้งหมดมีค่า IC_{50} น้อยกว่า $2 \mu M$ ดังรูปที่ [1.31]



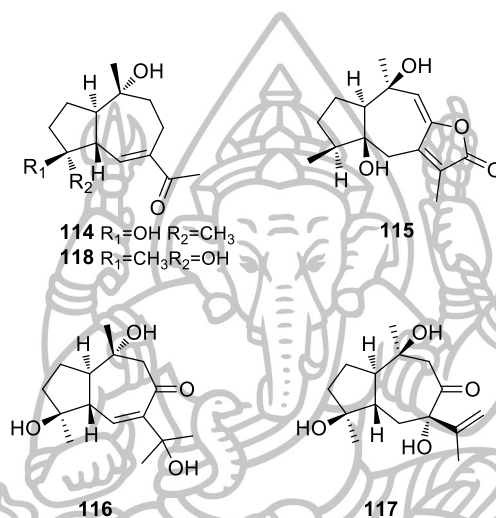
รูปที่ [1.31] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2013 จาก *Curcuma phaeocaulis* [48]

ในปี 2015 Jianghao และคณะ [46] รายงานการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริกออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโครฟาจ (RAW 264.7) จาก *Curcuma phaeocaulis* สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม candinane-type sesquiterpenes 4 ชนิด คือ phacadinanes A-D (110-113) เมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์พบว่า phacadinanes A (110) และ phacadinanes B (111) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.88 และ $2.25 \mu M$ ดังรูปที่ [1.32]



รูปที่ [1.32] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma phaeocaulis* ในปี 2015

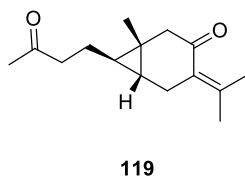
ในปีเดียวกัน Jianghao และคณะ [47] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม norsesquiterpene คือ phaeocaulisin N (114) และกลุ่ม guaiane-type sesquiterpenes คือ phaeocaulisins O-Q (115-117) นอกจากนี้ยังพบสารที่เคยถูกค้นพบแล้วคือ $4\alpha,10\beta$ -dihydroxy- $1\beta H,5\alpha H$ -guai-6(7)-en-11-one (118) แสดงการออกฤทธิ์การต้านการอักเสบ โดยวัดการยับยั้งการผลิตไนตริก ออกไซด์ (NO) ในเซลล์เพาะเลี้ยงมาโคฟาจ (RAW 264.7) เมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์พบว่า phacadinanes N (114) มีค่า IC_{50} เท่ากับ $3.58 \mu M$ ดังรูปที่ [1.33]



รูปที่ [1.33] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จาก *Curcuma phaeocaulis* ในปี 2015

Curcuma zedoaria

ในปี 2013 Yoshiyuki และคณะ [49] รายงานการรักษาโรคพิษสุราเรื้อรัง สารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่แยกได้จาก curcumenone ดังรูปที่ [1.34]

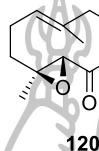


Curcuma zedoaria

รูปที่ [1.34] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2013 จาก *Curcuma zedoaria* [50]

Curcuma amada

ในปี 2015 Chowdhury และคณะ [51] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในกลุ่ม sesquiterpenes คือ zederone (**120**) พบการออกฤทธิ์เป็นยาแก้ปวดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปริมาณ 20 mg/kg และ 40 mg/kg แสดงฤทธิ์เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (percent inhibition) 27.79 และ 29.93 % ดังรูปที่ [1.35]

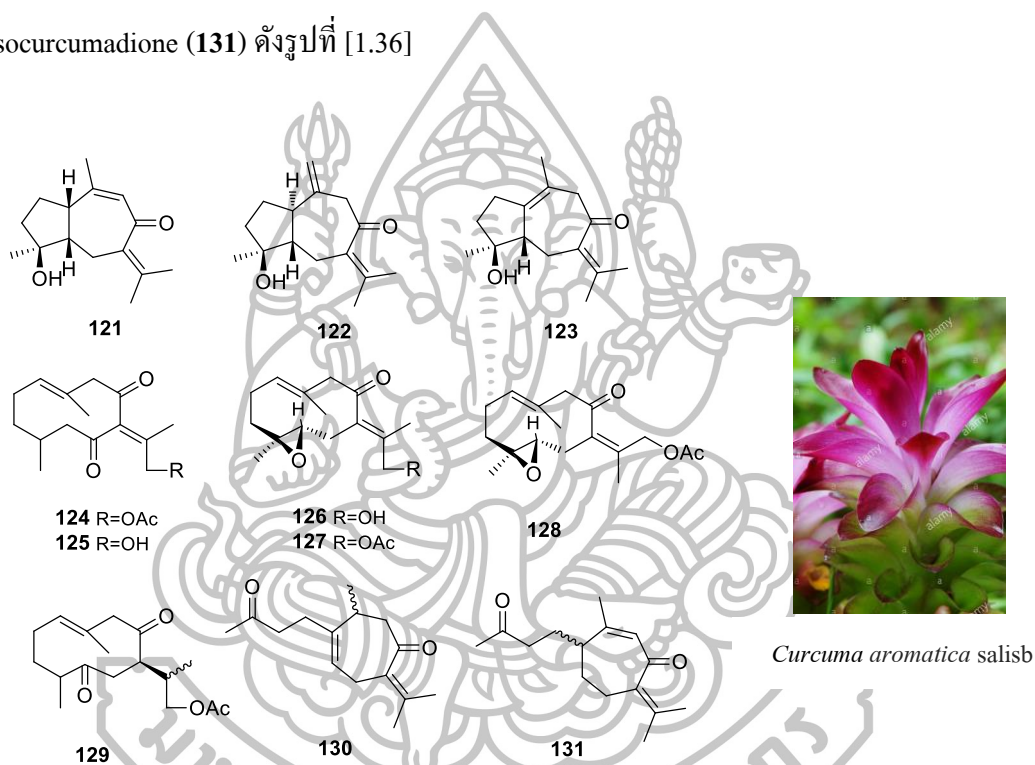
*Curcuma amada*

รูปที่ [1.35] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้จากในปี 2015 *Curcuma amada* [52]



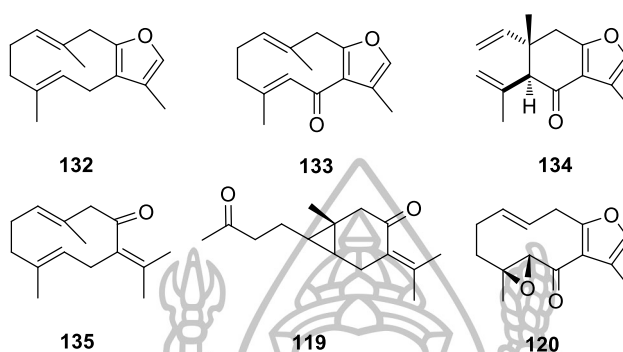
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับพืช *Curcuma aromatica* Salisb

ในปี 1990 Masanori และคณะ [53] สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในกลุ่ม sesquiterpenes 11 ชนิด คือ epiprocurcumenol (**121**), isoprocurcumenol (**122**), neoprocurcumenol (**123**), (4*S*)-13-acetoxydehydrocurdione (**124**), (4*S*)-13-hydroxydehydrocurdione (**125**), (4*S*,5*S*)-13-hydroxygermacrone4,5-epoxide (**126**), (4*S*,5*S*)-13-acetoxygermacrone4,5-epoxide (**127**), (4*S*,5*S*)-12-acetoxygermacrone4,5-epoxide (**128**), acetoxyneocurdione (**129**), curcumadione (**130**) และ isocurcumadione (**131**) ดังรูปที่ [1.36]



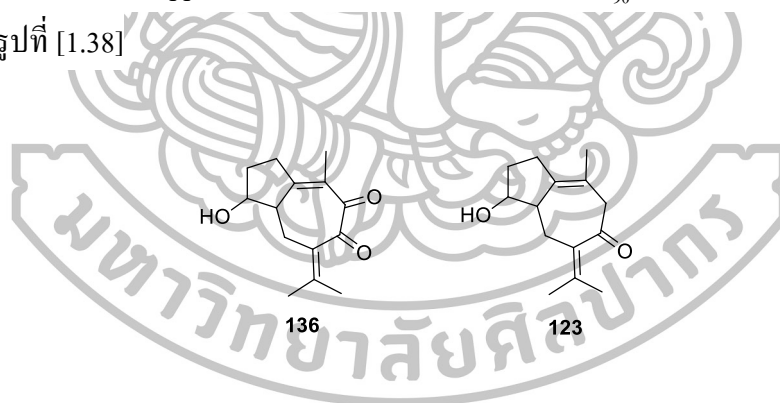
รูปที่ [1.36] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 1990 จาก *Curcuma aromatica salisb* [16]

ปี 2000 Minh giang และคณะ [54] สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในกลุ่ม oxygenated sesquiterpenes 6 ชนิด คือ furanodiene (132), fuanodienone (133), curzerenone (134), germacrone (135), curcumenone (119) และ zederone (120) ดังรูปที่ [1.37]



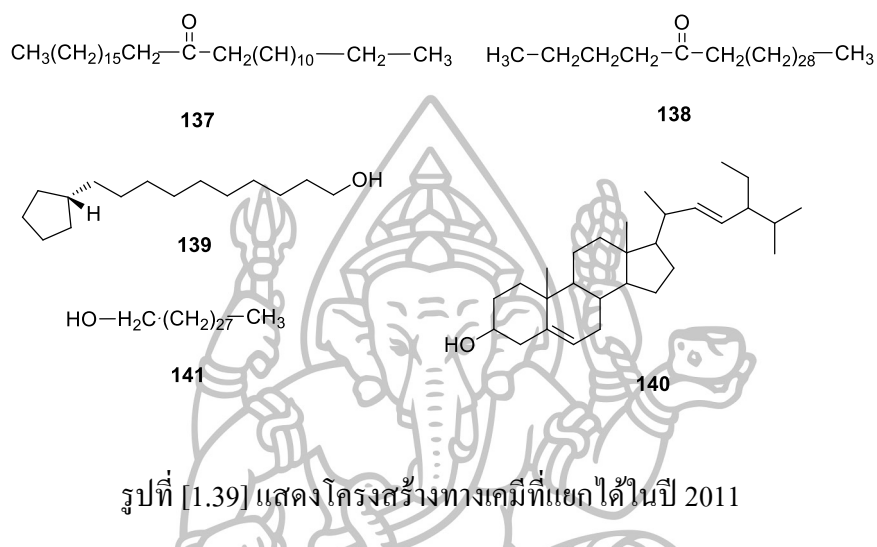
รูปที่ [1.37] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2000

ปี 2010 Madhu และคณะ [55] รายงานการออกฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุง จากสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่แยก 2 ชนิดคือ 9-oxoneoprocurcumenol (136) และ neoprocurcumenol (123) พบว่ามีค่า LC_{50} เท่ากับ 5.81 และ 13.69 ppm นอกจากนี้ยังพบการรายงานค่า LC_{90} เท่ากับ 9.99 และ 23.92 ppm ตามลำดับ ดังรูปที่ [1.38]

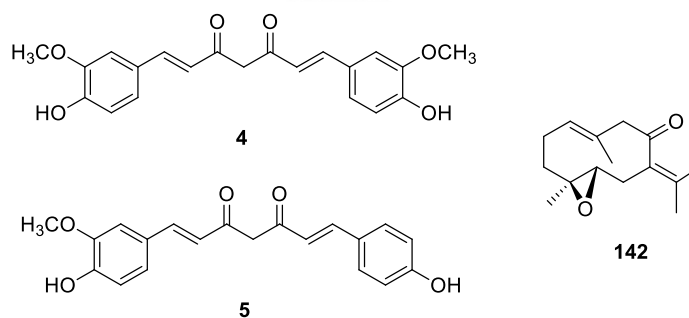


รูปที่ [1.38] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2010

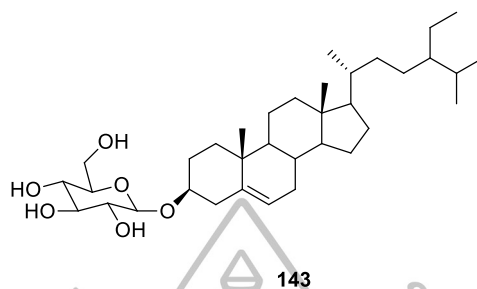
ปี 2011 Ahmad และคณะ [56] สามารถแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติใหม่ 3 ชนิด คือ *n*-heneitriacontan-14-one (137), *n*-pentatriacontan-5-one (138) และ 11 α -cyclopentyl-*n*-decan-1-ol (curcumapentadecanol) (139) นอกจากนี้ยังแยกสารที่ถูกค้นพบแล้ว stigmasterol (140) และ *n*-nonacosan-1-ol (141) ดังรูปที่ [1.39]



ในปีเดียวกัน Yoshinori และคณะ [57] รายงานการแยกสารในกลุ่ม sesquiterpene คือ (4*S*,5*S*)-(+)-germacrone-4,5-epoxide (142) และสารในกลุ่ม curcuminoids คือ curcumin (4) และ demethoxycurcumin (5) ดังรูปที่ [1.40] พบฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cytochrome P450 (CYP-450) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ไปเมตาบอไลต์ (metabolite) สารก่อมะเร็งให้กลายเป็นสารกระตุ้นให้เกิดมะเร็ง 3 ชนิด CYP3A4, CYP2C9 และ CYP1A2 ดังนี้ (4*S*,5*S*)-(+)-germacrone-4,5-epoxide (142) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 1.0, 7.6 และ 33.2 μ M ตามลำดับ curcumin (4) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 14.9, 6.0 และ 104.6 μ M ตามลำดับ demethoxycurcumin (5) มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 7.0, 1.4 และ 34.0 μ M ตามลำดับ

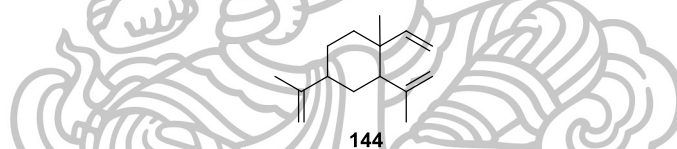


ในปี 2013 Neerja และคณะ [58] สามารถแยก β -sitosterol-3-O- β -D-glucopyranoside (143) ซึ่งถูกค้นพบในเหง้าว่านนางคำเป็นครั้งแรก ดังรูปที่ [1.41]



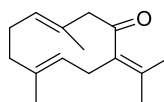
รูปที่ [1.41] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2013

ในปีเดียวกัน Zhi-Jun และคณะ [59] รายงานการแยกสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คือ β -elemene (144) และพบฤทธิ์ในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งตับ(liver cancer cells, HepG2) ดังรูปที่ [1.42]



รูปที่ [1.42] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2013

ปี 2014 Bo liu และคณะ [60] รายงานการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์เนื้องอกสมอง กลิโอมา (glioma) จาก germacrone (135) ดังรูปที่ [1.43]



รูปที่ [1.43] แสดงโครงสร้างทางเคมีที่แยกได้ในปี 2014

บทที่ 2

การทดลอง

เครื่องมือและสารเคมี

1. จุดหลอมเหลววัดด้วยเครื่อง STUART SCIENTIFIC
2. ค่า Optical rotation วัดด้วยเครื่อง JASCO P-1010 polarimeter ในสารละลาย CHCl_3
3. ค่า IR spectra วัดด้วยเครื่อง Perkin Elmer GX-FT-IR spectrophotometer ในรูปของ film
4. 1D และ 2D-NMR spectra วัดที่ 300 MHz สำหรับ $^1\text{H-NMR}$ และ 75 MHz สำหรับ $^{13}\text{C-NMR}$ ตามลำดับด้วยเครื่อง Nuclear magnetic Resonance Spectrometer Bruker AVANCE 300 MHz โดยวัดในสารละลาย CDCl_3 และ CD_3OD โดยใช้ TMS เป็นสารอ้างอิง
5. Column chromatography (CC) ใช้ silica gel (Merck, 70-230 mesh หรือ 230-400 mesh) เป็น adsorbent
6. Thin layer chromatography (TLC) ใช้ silica gel เป็น adsorbent โดยใช้ UV-detector ที่ความยาวคลื่น 254 nm. ช้อมสีด้วย 1% CeSO_4 ใน 10% aq. H_2SO_4
7. Preparative thin layer chromatography ใช้ silica gel 60 F₂₅₄ (Merck, 1.00, 0.50 และ 0.25 mm)
8. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Microplate reader รุ่น EZ Read 2000

พืชที่ใช้ในงานวิจัย

เหง้าว่านางคำ (voucher specimen SS614/272) ถูกเก็บรวบรวมในเดือนมกราคม ปี 2013 จากจังหวัดจันทบุรี ประเทศไทย และได้รับการยืนยันพันธุ์ไม้โดย ดร.ปิยะ เฉลิมกลิ่น จากสถาบันการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การศึกษาเบื้องต้น (preliminary study)

จากการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) ของเหง้าว่านนางคำ (*Curcuma aromatica* Salisb) แสดงความสามารถในการออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (inhibition α -glucosidase activity) ในส่วนสกัดหยาบเฮกเซน (CAS-H), เอทิลอะซิเตต (CAS-E), บิวทานอล (CAS-B) และ น้ำ (CAS-H₂O) เมื่อเปรียบเทียบกับ Positive control (Acarbose) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสามารถในการออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสในแต่ละส่วนสกัดจากเหง้าว่านนางคำ

Fraction	%inhibition α -glucosidase activity (at 10 mg/mL)
CAS-H	96.9
CAS-E	80.3
CAS-B	85.5
CAS- H ₂ O	46.7
Acarbose	89.1

จากการศึกษาเบื้องต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อแยกหาสารบริสุทธิ์ที่มีความสามารถในการออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสซึ่งยังไม่มีผู้ทำการศึกษามาก่อน โดยคาดหวังว่าสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่แยกได้นี้จะสามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกหรืออาจนำมาทดแทนยาที่ใช้รักษาโรคเบาหวานในปัจจุบันคือ Acarbose เนื่องจากการรับประทานยา Acarbose ร่วมกับอาหารในแต่ละมื้อนั้นก่อให้เกิดผลข้างเคียงแก่ผู้ป่วย เช่น ทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการท้องอืด ท้องเดิน ปวดท้อง ภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ หรืออาจทำให้เกิดโรคตับอักเสบได้ ดังนั้นการค้นหายาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่มีความปลอดภัยซึ่งแยกได้จากพืชในธรรมชาตินั้นจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกให้แก่ผู้ป่วยได้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมตัวอย่างเหง้าว่านนางคำ (*Curcuma aromatica* Salisb)

นำเหง้าว่านนางคำน้ำหนัก 18.65 kg มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นเอนกประสงค์จะได้ตัวอย่างเหง้าว่านนางคำเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

การสกัดเหง้าว่านนางคำ

นำตัวอย่างเหง้าว่านนางคำที่บดละเอียดมาแช่ด้วยเอทานอล (EtOH) ที่ 70% ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองเพื่อแยกเอาส่วนที่เป็นสารละลายใสสีเหลืองเก็บไว้ แล้วนำส่วนที่เป็นกากของเหง้าว่านนางคำที่ได้จากการกรองจากครั้งแรกมาเติมเอทานอล ทำเช่นนี้ไปอีก 2 ครั้ง จากนั้นนำเอาส่วนที่เป็นสารละลายใสสีเหลืองที่ได้ทั้งหมดไปทำการระเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 45 °C ได้ส่วนสกัดหยาบเอทานอล (EtOH crude extract) มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลืองมีน้ำหนัก 441.7 g

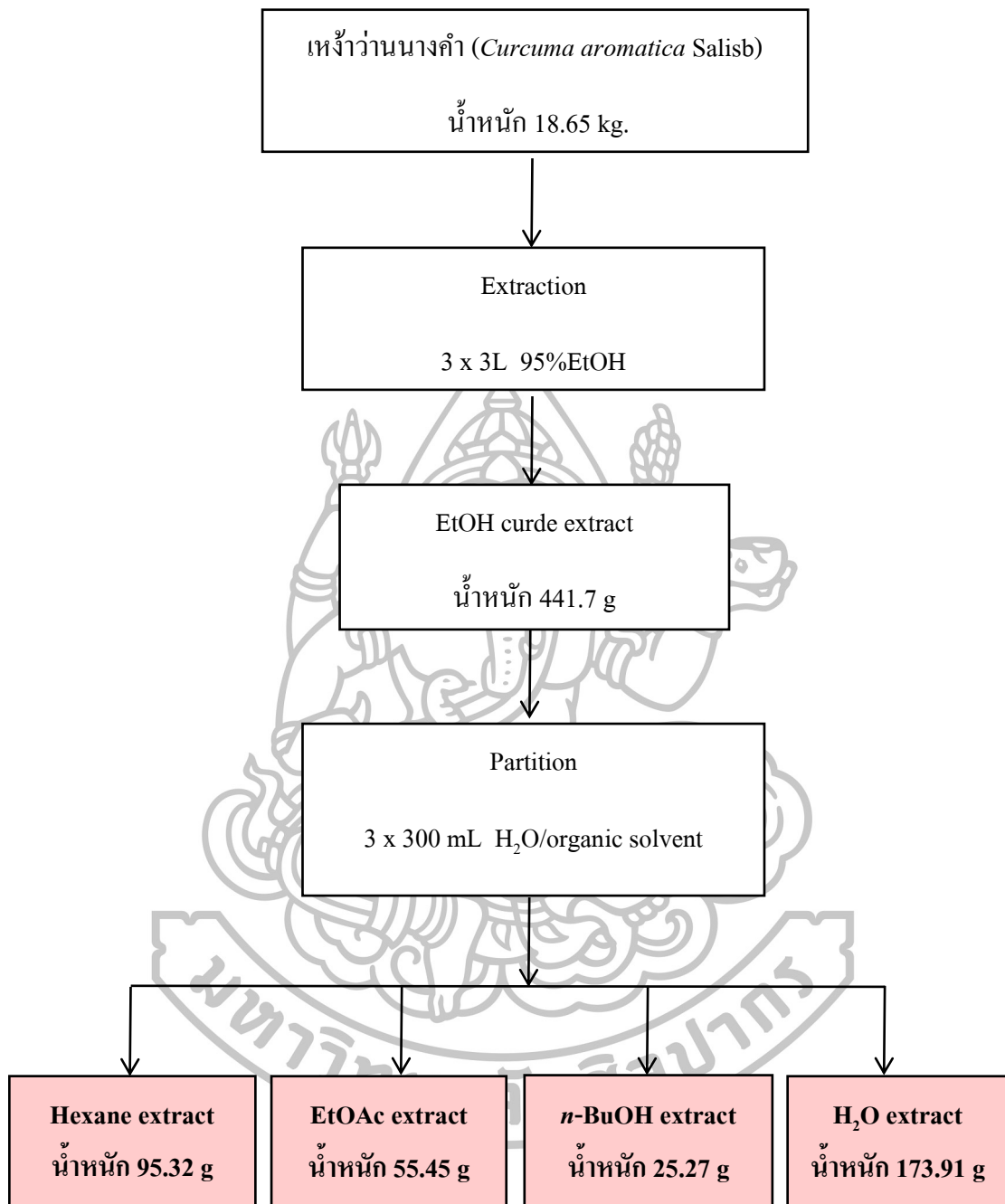
การสกัดลำดับส่วน (Sequential extraction) ของส่วนสกัดหยาบ

ขั้นตอนนี้เป็นการแยกองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในเหง้าว่านนางคำออกเป็นกลุ่มย่อยๆ โดยอาศัยความมีขั้ว (polarity) ที่แตกต่างกันของ solvent ที่ใช้ ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มสารออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้ คือ ส่วนสกัดหยาบเฮกเซน ประกอบด้วยสารที่มีขั้วต่ำสุด ส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต ประกอบด้วยสารที่มีขั้วปานกลาง ส่วนสกัดหยาบบิวทานอล ประกอบด้วยสารที่มีขั้วสูง และส่วนสกัดหยาบน้ำ ประกอบด้วยสารที่มีขั้วสูงสุด โดยมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. นำส่วนสกัดหยาบเอทานอล มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลืองมีน้ำหนัก 441.7 g มาสกัดด้วยเฮกเซน 300 mL และน้ำ 500 mL แล้วแยกเก็บส่วนสารละลายเฮกเซนเอาไว้ จากนั้นนำชั้นน้ำมาสกัดซ้ำด้วยเฮกเซน อีก 2 ครั้ง ครั้งละ 300 mL นำส่วนสารละลายเฮกเซน ที่ได้ทั้ง 3 ครั้งมารวมกัน เพื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 45 °C ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบเฮกเซน ได้ 95.32 g

2. นำชั้นน้ำที่เหลือจากข้อ 1 มาสกัดด้วยเอทิลอะซิเตต 3 ครั้ง ครั้งละ 300 mL แล้วแยกเก็บส่วนสารละลายเอทิลอะซิเตต เอาไว้เพื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 45°C ซึ่งน้ำหนักสารสกัดหยาบเอทิลอะซิเตต ได้ 55.45 g
3. นำชั้นน้ำที่เหลือจากข้อ 2 มาสกัดด้วยบิวทานอล 3 ครั้ง ครั้งละ 300 mL แล้วแยกเก็บส่วนสารละลายบิวทานอล เอาไว้เพื่อนำไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 55°C ซึ่งน้ำหนักสารสกัดหยาบบิวทานอล ได้ 25.27 g
4. นำชั้นน้ำที่เหลือจากข้อ 3 นำไประเหยตัวทำละลายออกภายใต้ความดันต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 55°C ซึ่งน้ำหนักสารสกัดหยาบน้ำ ได้ 173.91 g





รูปที่ [2.1] แผนผังแสดงขั้นตอนการสกัดลำดับส่วนของส่วนสกัดต่างๆ

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดหยาบเฮกเซนจากเหง้าว่านนางคำ

แบ่งส่วนสกัดหยาบเฮกเซนจากเหง้าว่านนางคำมา 51.77 g นำมาแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ Flash column chromatography-silica gel จากนั้นชะ column ด้วย 100% hexane โดยเพิ่มความเป็นขี้ของตัวทำละลายอย่างต่อเนื่องจนถึง 100% EtOAc และตามด้วย 2% MeOH/EtOAc จนถึง 5% MeOH/EtOAc เมื่อเปรียบเทียบสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 33 fractions ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H1 ถึง CAS-H33 ที่แยกได้จากส่วนสกัดหยาบเฮกเซน

Fraction No.	น้ำหนักสาร (g)	ลักษณะสาร
CAS-H1	2.41	ของเหลวใสสีเหลือง
*CAS-H2	8.56	ของเหลวใสสีเหลืองส้ม
CAS-H3	6.24	ของเหลวใสสีเหลืองส้ม
*CAS-H4	3.18	ของเหลวใสสีเหลืองส้ม
*CAS-H5	1.39	ของเหลวหนืดสีเหลืองส้ม
CAS-H6	2.99	ของเหลวหนืดสีเหลืองส้ม
CAS-H7	1.99	ของเหลวหนืดสีเหลืองส้ม
CAS-H8	0.81	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีส้ม
CAS-H9	0.86	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีส้ม
*CAS-H10	5.12	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีส้ม
CAS-H11	3.12	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H12	2.03	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H13	0.97	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H14	0.50	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H15	0.40	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H16	0.12	ของหนืดสีเหลืองส้มอมน้ำตาล
CAS-H17	0.47	ของหนืดสีน้ำตาล

ตารางที่ 2.2 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H1 ถึง CAS-H33 ที่แยกได้จากส่วนสกัดหยาบเฮกเซน (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (g)	ลักษณะสาร
CAS-H18	0.26	ของหนืดสีน้ำตาล
CAS-H19	0.10	ของหนืดสีน้ำตาล
CAS-H20	0.41	ของหนืดสีน้ำตาล
CAS-H21	0.62	ของหนืดสีน้ำตาล
CAS-H22	0.47	ของหนืดสีน้ำตาล
CAS-H23	0.44	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H24	0.45	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H25	0.56	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H26	0.45	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H27	0.75	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H28	0.59	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H29	0.58	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H30	0.10	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H31	0.68	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H32	0.27	ของแข็งสีน้ำตาล
CAS-H33	0.48	ของแข็งสีน้ำตาล

*fraction ที่ศึกษาต่อ

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-H2

นำ fraction CAS-H2 (ของเหลวใสสีเหลืองส้ม, แบ่งมาทำ 1.55 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ซะ column ด้วยตัวทำละลาย 100% hexane โดยเพิ่มความเป็นขั้วอย่างต่อเนื่องจนถึง 60% EtOAc/hexane เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 47 fractions ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H2-1 ถึง CAS-H2-47 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H2

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H2-1	3.8	ของเหลวหนืดใส
CAS-H2-2	215.0	ของเหลวหนืดใสปนของแข็งสีขาว
CAS-H2-3	78.3	ของเหลวหนืดใสปนของแข็งสีขาว
*CAS-H2-4	71.7	ของเหลวหนืดใสปนของแข็งสีขาว
CAS-H2-5	26.9	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H2-6	40.1	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
*CAS-H2-7	37.4	ของเหลวหนืดสีเหลือง
*CAS-H2-8	33.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H2-9	6.6	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H2-10	16.5	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H2-11	46.6	ของเหลวหนืดสีส้ม
CAS-H2-12	66.1	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-13	34.0	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-14	51.9	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-15	65.0	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-16	52.4	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
*CAS-H2-17	47.8	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-18	25.5	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-19	41.1	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-20	32.5	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-21	22.5	ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม
CAS-H2-22	14.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H2-23	10.9	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-24	10.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-25	12.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-26	16.2	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลืองอ่อน

ตารางที่ 2.3 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H2-1 ถึง CAS-H2-47 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H2 (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (g)	ลักษณะสาร
CAS-H2-27	21.9	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-28	26.0	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-29	55.6	ของแข็งสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-30	18.1	ของแข็งสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-31	5.5	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-32	10.4	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-33	4.6	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-34	10.0	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-35	5.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-36	20.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-37	8.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-38	3.8	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
*CAS-H2-39	6.8	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
*CAS-H2-40	10.1	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-41	9.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-42	3.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-43	16.6	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-44	12.9	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-45	11.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-46	31.6	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H2-47	31.8	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-H2-4 (ของเหลวหนืดใสปนของแข็งสีขาว, 71.7 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-1 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **germacrone**

fraction CAS-H2-7 (ของเหลวหนืดสีเหลือง, 37.4 mg) และ fraction CAS-H2-8 (ของเหลวหนืดสีเหลือง, 33.2 mg) นำมารวมกันเรียกว่า fraction CAS-H2-(7+8) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-2 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **curzerenone**

fraction CAS-H2-17 (ของเหลวหนืดสีส้มเข้ม, 47.8 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-3 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **furanodienone**

fraction CAS-H2-39 (ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน, 6.8 mg) และ fraction CAS-H2-40 (ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน, 10.1 mg) นำมารวมกันเรียกว่า fraction CAS-H2-(39+40) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-4 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **curcumenone**

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-H4

นำ fraction CAS-H4 (ของเหลวใสสีเหลืองส้ม, แบ่งมาทำ 1.50 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย 100% hexane โดยเพิ่มความเป็นขั้วอย่างต่อเนื่องจนถึง 50% EtOAc/hexane เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 16 fractions ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H4-1 ถึง CAS-H4-16 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H4

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H4-1	33.6	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
*CAS-H4-2	124.0	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-3	131.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-4	123.5	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H4-5	210.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H4-6	270.0	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H4-7	36.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-8	12.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-9	28.4	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-10	5.1	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H4-11	4.3	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H4-12	8.9	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H4-13	14.5	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-H4-14	28.2	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-H4-15	77.4	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-H4-16	23.1	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-H4-2 (ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน, 124 mg) มาแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ column chromatography-silica gel ซะ column ด้วยตัวทำละลาย 100% hexane โดยเพิ่มความเป็นขั้วอย่างต่อเนื่องจนถึง 5% EtOAc/hexane เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 3 fractions ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H4-2-1 ถึง CAS-H4-2-3 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H4-2

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H4-2-1	57.0	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน
*CAS-H4-2-2	32.0	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน
CAS-H4-2-3	25.0	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-H4-2-2 (ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน, 32.0 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-5 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **curcumalactone**

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-H5

นำ fraction CAS-H5 (ของเหลวหนืดสีเหลืองส้ม, 1.39 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ซะ column ด้วยตัวทำละลาย 100% hexane โดยเพิ่มความเข้มข้นของตัวทำละลายขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 60% EtOAc/hexane เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 23 fractions ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H5-1 ถึง CAS-H5-23 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H5

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H5-1	17.5	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-2	46.1	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-3	15.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-4	20.0	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-5	7.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
*CAS-H5-6	99.3	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน

ตารางที่ 2.6 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H5-1 ถึง CAS-H5-23 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H5 (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H5-7	577.4	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน
CAS-H5-8	30.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-9	12.2	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-10	14.3	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-11	27.1	ของเหลวหนืดสีเหลืองปนของแข็งใส
CAS-H5-12	17.4	ของเหลวหนืดสีเหลืองปนของแข็งใส
CAS-H5-13	6.7	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H5-14	7.4	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H5-15	11.6	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H5-16	3.7	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H5-17	16.0	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H5-18	8.7	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-H5-19	5.9	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
*CAS-H5-20	22.6	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน
CAS-H5-21	11.9	ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน
CAS-H5-22	8.1	ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน
CAS-H5-23	276.2	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-H5-6 (ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน, 99.3 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-6 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **curdione**

fraction CAS-H5-20 (ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน, 22.6 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-7 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **(1R,10R)-epoxycurdione**

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-H10

นำ fraction CAS-H10 (ของเหลวหนืดปนของแข็งสีส้ม, แบ่งมาทำ 3.32 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย 100% benzene โดยเพิ่มความเข้มข้นอย่างต่อเนืองจนถึง 45% EtOAc/benzene เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 23 fractions ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H10-1 ถึง CAS-H10-23 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H10

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H10-1	26.3	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-2	10.9	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-3	10.9	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-4	9.3	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-5	26.1	ของเหลวหนืดสีเหลือง
*CAS-H10-6	341.2	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-7	268.8	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-8	124.1	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-9	103.9	ของแข็งสีเหลือง
*CAS-H10-10	68.0	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-11	94.9	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-12	64.4	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-13	88.6	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H10-14	393.4	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-15	570.8	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-16	245.6	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-17	218.1	ของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-18	176.1	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง

ตารางที่ 2.7 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-H10-1 ถึง CAS-H10-23 ที่แยกได้จาก fraction CAS-H10 (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-H10-19	81.8	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-20	34.1	ของเหลวหนืดปนของแข็งสีเหลือง
CAS-H10-21	27.7	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H10-22	10.6	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-H10-23	35.3	ของเหลวหนืดสีเหลือง

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-H10-6 (ของแข็งสีเหลือง, 341.2 mg) มาทำให้บริสุทธิ์ โดยการตกผลึกด้วย hexane ได้สาร CAS-H10-6-P (ผลึกรูปเข็มสีขาว, 116.5 mg) ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์คือ CAS-8 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **zederone**

fraction CAS-H10-10 (ของแข็งสีเหลือง, 68.0 mg) มาทำให้บริสุทธิ์ โดยการตกผลึกด้วย hexane:EtOAc (10:1) ได้สาร CAS-H10-10-P (ของแข็งสีขาว, 21.5 mg) ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์คือ CAS-9 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **curcumolide**

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตจากเหง้าว่านนางคำ

แบ่งส่วนสกัดหยาบเอทิลอะซิเตตจากเหง้าว่านนางคำมาประมาณ 50 g นำมาแยกให้บริสุทธิ์โดยใช้ Flash column chromatography-silica gel จากนั้นชะ column ด้วย 5% EtOAc/hexane โดยเพิ่มความเป็นขี้ของตัวทำละลายอย่างต่อเนื่องจนถึง 100% EtOAc และตามด้วย 1% MeOH/EtOAc จนถึง 20% MeOH/EtOAc เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 30 fractions ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E1 ถึง CAS-E30 ที่แยกได้จากส่วนสกัดหยาบ EtOAc

Fraction No.	น้ำหนักสาร (g)	ลักษณะสาร
CAS-E1	0.31	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-E2	1.28	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E3	1.20	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E4	0.16	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-E5	0.16	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-E6	0.27	ของเหลวหนืดสีเหลืองเข้ม
CAS-E7	0.27	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E8	0.26	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E9	0.36	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E10	0.94	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E11	0.53	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E12	0.08	ของเหลวหนืดสีเหลือง
CAS-E13	0.40	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E14	0.92	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E15	2.35	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E16	0.31	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E17	1.86	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E18	2.01	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E19	0.64	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E20	0.38	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E21	1.17	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E22	1.47	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E23	2.54	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E24	2.35	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E25	1.53	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 2.8 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E1 ถึง CAS-E30 ที่แยกได้จากส่วนสกัดหยาบ EtOAc (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (g)	ลักษณะสาร
CAS-E26	0.82	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E27	0.80	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E28	0.38	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
CAS-E29	0.67	ของแข็งสีน้ำตาลดำ
CAS-E30	2.48	ของแข็งสีน้ำตาล

*fraction ที่ศึกษาต่อ

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-E14

นำ fraction CAS-E14 (ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง, 0.92 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย 100% benzene โดยเพิ่มความเป็นขั้วอย่างต่อเนื่องจนถึง 60% EtOAc/benzene เมื่อเปรียบเทียบสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 17 fractions ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E14-1 ถึง CAS-E14-17 ที่แยกได้จาก fraction CAS-E14

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E14-1	17.5	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E14-2	36.7	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E14-3	11.4	ของหนืดของแข็งปนสีส้ม
CAS-E14-4	6.2	ของแข็งสีเหลืองอ่อน
CAS-E14-5	22.9	ของแข็งสีส้ม
CAS-E14-6	84.6	ของแข็งสีเหลืองส้ม
CAS-E14-7	47.9	ของแข็งสีส้ม

ตารางที่ 2.9 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E14-1 ถึง CAS-E14-17 ที่แยกได้

จาก fraction CAS-E14

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E14-8	47.1	ของแข็งสีส้มเข้ม
CAS-E14-9	35.9	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลส้ม
CAS-E14-10	49.8	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลส้ม
CAS-E14-11	30.5	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลส้ม
CAS-E14-12	34.1	ของเหลวหนืดสีน้ำตาลส้ม
CAS-E14-13	77.7	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
*CAS-E14-14	123.3	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E14-15	40.1	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E14-16	20.3	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล
CAS-E14-17	66.4	ของเหลวหนืดสีน้ำตาล

*fraction ที่ศึกษาต่อ

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-E14-14

นำ fraction CAS-E14-14 (ของเหลวหนืดสีน้ำตาล, 123.3 mg) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย preparative thin layer chromatography-silica gel และใช้ $\text{CH}_2\text{Cl}_2:\text{MeOH}:\text{H}_2\text{O}$ (150:3:1, 4 ครั้ง) เป็น developing solvent แยกได้สาร CAS-10 (ผลึกสีเหลือง, 79.9 mg) เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร *ent-aeruginol*

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-E15

นำ fraction CAS-E15 (ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง, 2.35 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย 10% EtOAc/hexane โดยเพิ่มความเข้มข้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 100% EtOAc แล้วเปลี่ยนตัวทำละลายเป็น 2% MeOH/EtOAc เพิ่มความเข้มข้นอย่างต่อเนื่องถึง 50% MeOH/EtOAc เมื่อเปรียบเทียบสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC (Thin layer chromatography) นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 15 fractions ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E15-1 ถึง CAS-E15-15 ที่แยกได้จาก fraction CAS-E15

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E15-1	71.9	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-2	4.7	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-3	16.8	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-4	19.7	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-5	132.7	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-6	72.2	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E15-7	1230.3	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-8	387.9	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-9	55.3	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-10	18.4	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-11	15.9	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-12	48.7	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-13	59.7	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-14	54.7	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม
CAS-E15-15	65.9	ของหนืดสีน้ำตาลเข้ม

*fraction ที่ศึกษาต่อ

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-E15-7

นำ fraction CAS-E15-7 (ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง, แบ่งมา 509.0 mg) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย benzene:EtOAc (8:1) โดยเพิ่มความเข้มข้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 18 fractions ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E15-7-1 ถึง CAS-E15-7-18 ที่แยกได้จาก fraction CAS-E15-7

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E15-7-1	0.9	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-2	0.1	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-3	1.0	ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-4	4.1	ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E15-7-5	8.2	ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-6	2.1	ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-7	17.8	ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-8	13.6	ของแข็งสีส้ม
CAS-E15-7-9	2.6	ของแข็งสีส้ม
CAS-E15-7-10	5.0	ของแข็งสีส้ม
CAS-E15-7-11	3.4	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-12	3.6	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-13	6.1	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-14	7.2	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-15	12.0	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-16	18.9	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง

ตารางที่ 2.11 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E15-7-1 ถึง CAS-E15-7-18 ที่แยกได้จาก fraction CAS-E15-7 (ต่อ)

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E15-7-17	87.8	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E15-7-18	28.7	ของหนืดสีน้ำตาลเหลือง

*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-E15-7-5 (ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง, 8.2 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-11 เมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one**

การแยกองค์ประกอบทางเคมีของสาร fraction CAS-E17

นำ fraction CAS-E17 (ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง, 1.86 g) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย column chromatography-silica gel ขนาด column ด้วยตัวทำละลาย 10% EtOAc/hexane โดยเพิ่มความเข้มข้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 100% EtOAc เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่ออกมาแต่ละ fraction โดยใช้ TLC นำ fraction ที่เหมือนกันมารวมกันแล้วระเหยตัวทำละลายภายใต้ความดันต่ำได้ทั้งหมด 22 fractions ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงน้ำหนักและลักษณะสารของ fraction CAS-E17-1 ถึง CAS-E17-22 ที่แยกได้จาก fraction CAS-E17

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E17-1	23.1	ของหนืดสีเหลือง
CAS-E17-2	4.2	ของหนืดสีเหลือง
CAS-E17-3	3.5	ของหนืดสีเหลือง
CAS-E17-4	7.2	ของหนืดสีเหลือง
*CAS-E17-5	60.5	ของหนืดสีเหลือง
CAS-E17-6	10.6	ของหนืดสีเหลือง
CAS-E17-7	7.4	ของหนืดสีน้ำตาล

Fraction No.	น้ำหนักสาร (mg)	ลักษณะสาร
CAS-E17-8	12.7	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-9	3.2	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-10	13.7	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-11	12.5	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-12	27.5	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-13	24.0	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-14	48.7	ของหนีดสีน้ำตาล
CAS-E17-15	87.5	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-16	97.1	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-17	166.4	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-18	363.2	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
*CAS-E17-19	78.4	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-20	68.3	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-21	80.9	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง
CAS-E17-22	54.2	ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง

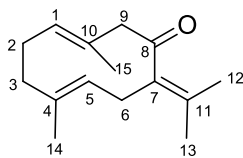
*fraction ที่ศึกษาต่อ

fraction CAS-E17-5 (ของหนีดสีเหลือง, 60.5 mg) มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วย preparative thin layer chromatography-silica gel และใช้ EtOAc:benzene (1:4, 3 ครั้ง) เป็น developing solvent แยกได้สาร CAS-12 (ของหนีดสีเหลืองอ่อน, 34.0 mg) เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **procurcumenol**

fraction CAS-E17-19 (ของหนีดสีน้ำตาลเหลือง, 78.4 mg) ได้สารบริสุทธิ์คือ CAS-13 เมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ พบว่ามีโครงสร้างเหมือนกับสาร **zedoarondiol**

โครงสร้าง คุณสมบัติทางกายภาพ และข้อมูลทางสเปกตรัมของสารบริสุทธิ์ที่แยกได้

CAS-1: germacrone

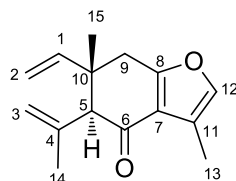


CAS-1: ของเหลวใสปนของแข็งสีขาว; mp. 50-51 °C (lit. 50-51 °C [61,62]); IR (film): ν_{\max} 3053, 2931, 1675, 1440, 1386 และ 1138 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.13; ESI-TOF-MS m/z 241.1572 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{ONa}$, 241.1568).

ตารางที่ 2.13 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-1

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	4.98 (1H, d, $J=10.8$ Hz)	132.7
2	2.35 (1H, m)	24.1
	2.09 (1H, m)	
3	2.15 (2H, m)	38.1
4	-	126.7
5	4.71 (1H, d, $J=11.1$ Hz)	125.4
6	2.85 (2H, m)	29.3
7	-	129.5
8	-	208.0
9	3.41 (1H, d, $J=10.5$ Hz)	55.9
	2.95 (1H, d, $J=10.2$ Hz)	
10	-	135.0
11	-	137.3
12	1.73 (3H, s)	19.9
13	1.77 (3H, s)	22.4
14	1.44 (3H, s)	15.6
15	1.63 (3H, s)	16.7

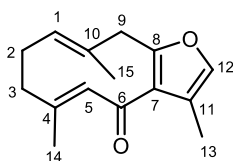
CAS-2: curzerenone



CAS-2: ของเหลวหนืดสีเหลือง; $[\alpha]_D^{25} -0.25^\circ$ ($c=0.047$, CHCl_3) (lit. $\pm 0^\circ$ [61,62]); IR (film): ν_{max} 3084, 3057, 2971, 2931, 2873, 1784, 1671, 1428 และ 1071 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.14; ESI-TOF-MS m/z 253.1207 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_2\text{Na}$, 253.1204).

ตารางที่ 2.14 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-2

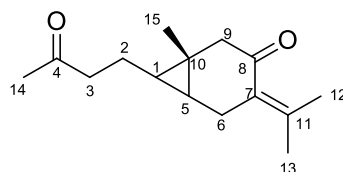
Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	5.79 (1H, dd, $J=17.4, 10.8 \text{ Hz}$)	145.5
2	4.96 (2H, dd, $J=17.4, 4.2 \text{ Hz}$)	112.9
3	4.97 (1H, br s)	115.6
	4.74 (1H, br s)	
4	-	141.0
5	3.00 (1H, s)	64.0
6	-	194.8
7	-	119.2
8	-	165.5
9	2.90 (1H, d, $J=17.7 \text{ Hz}$)	33.6
	2.77 (1H, d, $J=17.7 \text{ Hz}$)	
10	-	42.8
11	-	120.1
12	7.08 (3H, br s)	139.6
13	2.16 (3H, s)	8.9
14	1.82 (3H, s)	24.9
15	1.17 (3H, s)	24.8

CAS-3: furanodienone

CAS-3: ของเหลวหนืดสีส้ม; IR (film): ν_{\max} 3056, 2941, 1732, 1425 และ 1069 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.15 [61]; ESI-TOF-MS m/z 253.1206 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_2\text{Na}$, 253.1204).

ตารางที่ 2.15 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-3

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	5.18 (1H, dd, $J=11.4, 4.8$ Hz)	130.6
2	2.31 (1H, m) 2.16 (1H, m)	26.3
3	2.47 (1H, td, $J=11.4, 3.6$ Hz) 1.85 (1H, m)	40.6
4	-	145.1
5	5.81 (1H, br s)	132.3
6	-	190.0
7	-	124.0
8	-	156.7
9	3.71 (2H, m)	41.6
10	-	135.2
11	-	121.9
12	7.08 (3H, br s)	138.1
13	2.14 (3H, s)	9.5
14	2.00 (3H, s)	19.0
15	1.31 (3H, s)	15.7

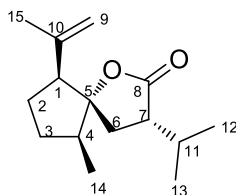
CAS-4: curcumenone

CAS-4: ของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน; $[\alpha]_D^{25}$ -12.7° ($c=0.049$, CHCl_3) (lit. -12.7° ($c=1.1$, MeOH) [62]); IR (film): ν_{max} 3056, 2934, 1714, 1675, 1606 และ 1438 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.16; ESI-TOF-MS m/z 257.1520 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_2\text{Na}$, 257.1517).

ตารางที่ 2.16 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-4

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	0.45 (1H, dt, $J=7.2, 4.8$ Hz)	24.2
2	1.60 (2H, q, $J=7.2$ Hz)	23.2
3	2.48 (2H, t, $J=7.2$ Hz)	43.9
4	-	208.9
5	0.67 (1H, q, $J=4.2$ Hz)	24.2
6	2.81 (2H, m)	28.0
7	-	128.1
8	-	201.8
9	2.53 (2H, m)	49.0
10	-	20.1
11	-	147.5
12	2.09 (3H, s)	23.4
13	1.79 (3H, s)	23.4
14	2.13 (3H, s)	30.0
15	1.12 (3H, s)	19.1

CAS-5: curcumalactone

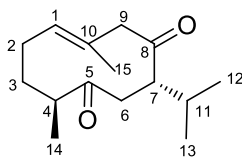


CAS-5: ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน; $[\alpha]_D^{25} -24.3^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) (lit. -11.07° ($c=3.43$, CHCl_3) [64, 65]); IR (film): ν_{max} 3085, 2964, 2875, 1761, 1644, 1468 และ 1172 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.17; ESI-TOF-MS m/z 259.1676 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{Na}$, 259.1674).

ตารางที่ 2.17 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-5

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	2.75 (1H, dd, $J=11.1, 9.0 \text{ Hz}$)	53.6
2	1.72 (2H, m)	23.8
3	1.94 (1H, m)	26.8
	1.20 (1H, m)	
4	2.41 (1H, m)	41.8
5	-	92.4
6	1.84 (2H, d, $J=10.6 \text{ Hz}$)	22.5
7	2.57 (1H, td, $J=10.8, 4.8 \text{ Hz}$)	46.5
8	-	178.4
9	4.99 (1H, t, $J=0.9 \text{ Hz}$)/ 4.91 (1H, s)	113.4
10	-	143.3
11	2.19 (1H, m)	28.2
12	0.90 (3H, d, $J=6.6 \text{ Hz}$)	18.0
13	0.99 (3H, d, $J=6.9 \text{ Hz}$)	20.5
14	0.94 (3H, d, $J=6.6 \text{ Hz}$)	13.7
15	1.80 (3H, s)	24.0

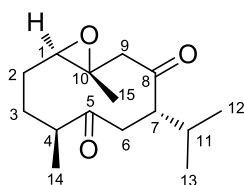
CAS-6: curdione



CAS-6: ของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน; $[\alpha]_D^{25} +51.8^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) (lit. $+31.1^\circ$ ($c=0.5$, MeOH) [64-66]); IR (film): ν_{max} 3059, 2961, 2874, 1762, 1699, 1662, 1457 และ 1372 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.18; ESI-TOF-MS m/z 259.1677 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_2\text{Na}$, 259.1674).

ตารางที่ 2.18 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-6

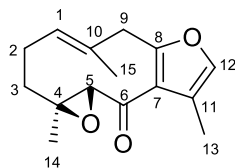
Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	5.14 (1H, br s)	131.5
2	2.12 (2H, m)	26.3
3	2.08 (1H, m)	34.0
	1.56 (1H, m)	
4	2.34 (1H, m)	46.6
5	-	210.9
6	2.68 (1H, m)	44.1
	2.40 (1H, dd, $J=16.5, 2.1$ Hz)	
7	2.85 (1H, m)	53.5
8	-	214.2
9	3.07 (1H, d, $J=11.1$ Hz)	55.6
	2.94 (1H, d, $J=11.1$ Hz)	
10	-	129.8
11	1.87 (1H, m)	30.1
12	0.95 (3H, d, $J=6.6$ Hz)	19.8
13	0.88 (3H, d, $J=6.6$ Hz)	21.0
14	0.98 (3H, d, $J=6.9$ Hz)	18.4
15	1.66 (3H, s)	16.5

CAS-7: (1*R*,10*R*)-epoxycurdione

CAS-7 ของเหลวหนืดสีใสอมเหลือง; $[\alpha]_D^{25} -124.3^\circ$ ($c=0.0095$, CHCl_3) (lit. -103.7° ($c=0.02$, MeOH) [66]) ; IR (film): ν_{max} 3054, 2968, 2875, 1761, 1711, 1460 และ 895 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.19; ESI-TOF-MS m/z 275.1625 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_3\text{Na}$, 275.1623).

ตารางที่ 2.19 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-7

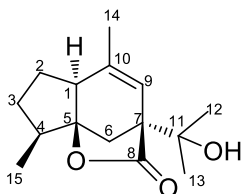
Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	2.89 (1H, dd, $J=9.9, 3.9$ Hz)	64.2
2	2.06 (1H, m)/ 1.32 (1H, m)	24.7
3	2.07 (1H, m)/ 1.67 (1H, m)	29.6
4	2.81 (1H, m)	44.5
5	-	209.0
6	3.08 (1H, dd, $J=18.0, 12.0$ Hz) 2.81 (1H, dd, $J=18.0, 3.9$ Hz)	42.7
7	2.66 (1H, m)	56.0
8	-	213.2
9	2.69 (1H, d, $J=11.4$ Hz) 2.22 (1H, d, $J=11.1$ Hz)	50.8
10	-	59.0
11	1.70 (1H, m)	30.1
12	0.87 (3H, d, $J=6.9$ Hz)	20.6
13	0.97 (3H, d, $J=6.9$ Hz)	21.1
14	1.07 (3H, d, $J=6.9$ Hz)	18.9
15	1.16 (3H, s)	16.0

CAS-8: zederone

CAS-8: ผลึกรูปเข็มสีขาว; mp. 141-143 °C (lit. 149-150 °C); $[\alpha]_D^{25} +186.5^\circ$ (c=0.052, CHCl₃) (lit. +290° (c=1.14, CHCl₃) [54, 61]); IR (CH₂Cl₂ film): ν_{\max} 3058, 2975, 2830, 1731, 1665, 1530, 1404, 1235, 1106 และ 914 cm⁻¹; ¹H-NMR และ ¹³C-NMR: แสดงในตาราง 2.20; ESI-TOF-MS m/z 269.1157 [M+Na]⁺, (calcd for C₁₅H₁₈O₃Na, 269,1154).

ตารางที่ 2.20 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ¹H และ ¹³C-NMR (CDCl₃) ของ CAS-8

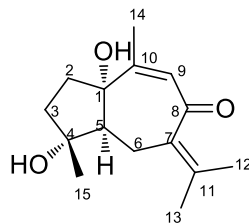
Position	δ_H (ppm)	δ_C (ppm)
1	5.48 (1H, dd, $J=11.7, 3.0$ Hz)	131.1
2	2.52 (1H, m)	24.7
	2.22 (1H, m)	
3	2.27 (1H, m)	38.0
	1.24 (1H, m)	
4	-	64.0
5	3.81 (1H, s)	66.6
6	-	192.2
7	-	123.3
8	-	157.1
9	3.72 (1H, m)	41.9
	3.66 (1H, m)	
10	-	131.2
11	-	122.3
12	7.09 (1H, s)	138.1
13	2.12 (3H, s)	10.3
14	1.35 (3H, s)	15.2
15	1.56 (3H, s)	15.7

CAS-9: curcumolide

CAS-9: ของแข็งสีขาว; mp. 111-112 °C (lit. 86-67°C); $[\alpha]_D^{25}$ -220.7° (c=0.048, CHCl₃) (lit. -7.1° (c, 0.14, MeOH) [34]); IR (film): ν_{\max} 3515, 3057, 2978, 2877, 1747, 1445 และ 1157 cm⁻¹; ¹H-NMR และ ¹³C-NMR: แสดงในตาราง 2.21; ESI-TOF-MS m/z 273.1470 [M+Na]⁺, (calcd for C₁₅H₂₂O₃Na, 273.1467).

ตารางที่ 2.21 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ¹H และ ¹³C-NMR (CDCl₃) ของ CAS-9

Position	δ_H (ppm)	δ_C (ppm)
1	2.49 (1H, t, $J=10.5$ Hz)	51.2
2	1.91 (1H, m)	23.3
	1.60 (1H, m)	
3	2.09 (1H, m)	29.9
	1.55 (1H, m)	
4	2.09 (1H, m)	38.4
5	-	92.1
6	2.35 (1H, dd, $J=10.5, 0.9$ Hz)	37.0
	1.78 (1H, d, $J=10.5$ Hz)	
7	-	56.8
8	-	178.7
9	5.95 (1H, d, $J=1.2$ Hz)	121.6
10	-	139.4
11	-	70.7
12	1.22 (3H, s)	24.9
13	1.34 (3H, s)	26.1
14	1.71 (3H, s)	20.4
15	1.07 (3H, d, $J=6.3$ Hz)	12.4

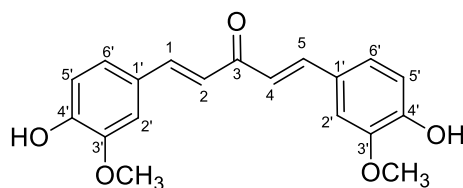
CAS-10: *ent*-aerugidiol

CAS-10 พลิกสีเหลือง; mp. 142-144°C (lit. 150-150.5°C); $[\alpha]_D^{25}$ +21.7° (c=0.0502, CHCl₃) (lit. -17.0° (c, 1.0, MeOH) [67]); IR (film): ν_{\max} 3388, 2970, 2874, 1719, 1644 และ 1378 cm⁻¹; ¹H-NMR และ ¹³C-NMR: แสดงในตาราง 2.22; ESI-TOF-MS m/z 273.1471 [M+Na]⁺, (calcd for C₁₅H₂₂O₃Na, 273.1467).

ตารางที่ 2.22 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ¹H และ ¹³C-NMR (CDCl₃) ของ CAS-10

Position	δ_H (ppm)	δ_C (ppm)
1	-	87.0
2	1.80 (1H, m)	37.7
	2.20 (1H, m)	
3	2.01 (2H, m)	37.5
4	-	83.7
5	1.97 (1H, t, $J=13.8$ Hz)	61.4
6	2.65 (1H, d, $J=13.8$ Hz)	27.7
	1.90 (1H, m)	
7	-	133.4
8	-	194.6
9	5.84 (1H, d, $J=0.9$ Hz)	128.5
10	-	151.6
11	-	143.8
12	2.02 (3H, s)	23.2
13	1.88 (3H, s)	22.5
14	1.43 (3H, s)	24.6
15	2.00 (3H, d, $J=0.9$ Hz)	22.4

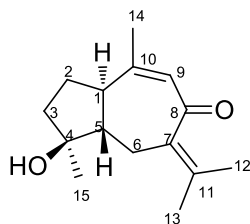
CAS-11: 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one



CAS-11 ของแข็งสีน้ำตาลเหลือง; mp. 153-154 °C (lit. 155°C [68]); IR (film): ν_{\max} 3526, 3054, 2986, 1670, 1591, 1512, 1431 และ 1033 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.23; ESI-TOF-MS m/z 349.1054 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{O}_5\text{Na}$, 349.1052).

ตารางที่ 2.23 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-11

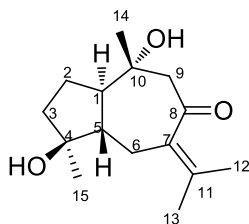
Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	7.60 (1H, d, $J=15.6$ Hz)	140.6
2	6.48 (1H, d, $J=15.9$ Hz)	121.8
3	-	183.3
4	6.48 (1H, d, $J=15.9$ Hz)	121.8
5	7.60 (1H, d, $J=15.6$ Hz)	140.6
1'	-	127.7
2'	7.05 (1H, s)	110.0
3'	-	146.8
4'-OH	-	147.9
5'	6.94 (1H, d, $J=8.1$ Hz)	114.9
6'	7.12 (1H, dd, $J=8.1, 1.5$ Hz)	122.9
OCH_3	3.98 (3H, s)	56.0

CAS-12: procurcumenol

CAS-12: ของเหลวหนืดสีเหลือง; $[\alpha]_D^{25} +85.9^\circ$ ($c=0.0502$, CHCl_3) (lit. $+60.9^\circ$ (c , 0.8 , CHCl_3) [69]); IR (film): ν_{max} 3453, 3055, 2976, 1712, 1650 และ 1378 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.24; ESI-TOF-MS m/z 257.1521 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_2\text{Na}$, 257.1517).

ตารางที่ 2.24 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-12

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	2.37 (1H, m)	50.6
2	1.94 (1H, m)	26.9
	1.66 (1H, m)	
3	1.81 (2H, m)	39.8
4	-	80.3
5	1.93 (1H, m)	53.9
6	2.61 (1H, d, $J=15.9$ Hz)	28.6
	2.15 (1H, m)	
7	-	136.8
8	-	199.4
9	5.87 (1H, d, $J=1.2$ Hz)	129.0
10	-	155.0
11	-	136.3
12	1.75 (3H, s)	21.2
13	1.77 (3H, s)	22.4
14	1.88 (3H, s)	23.4
15	1.24 (3H, s)	24.2

CAS-13: zedoarondiol

CAS-13: ของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง; $[\alpha]_D^{25} -41.9^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) (lit. -44° (c , 1.0, MeOH) [69]); IR (film): ν_{max} 3433, 2970, 1711, 1669, 1611 และ 1611 cm^{-1} ; $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$: แสดงในตาราง 2.25; ESI-TOF-MS m/z 275.1619 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, (calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_3\text{Na}$, 275.1623).

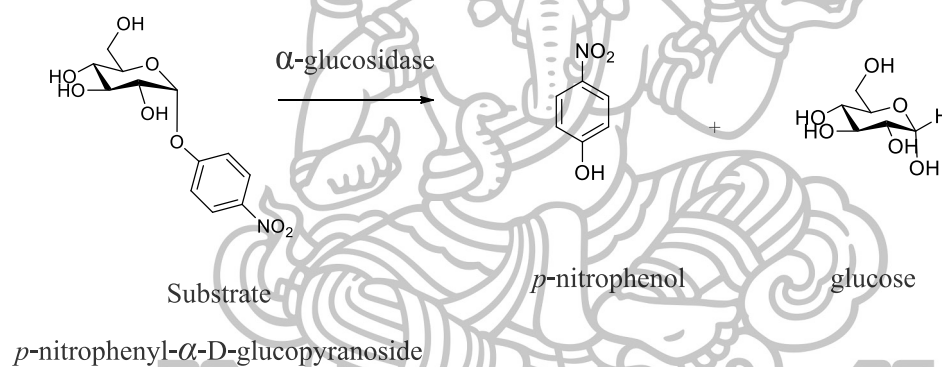
ตารางที่ 2.25 แสดงข้อมูลสเปกตรัม ^1H และ $^{13}\text{C-NMR}$ (CDCl_3) ของ CAS-13

Position	δ_{H} (ppm)	δ_{C} (ppm)
1	1.95 (1H, m)	55.8
2	1.67 (2H, m)	21.9
3	1.74 (2H, m)	39.5
4	-	79.9
5	1.38 (1H, t, 11.7)	51.6
6	2.82 (1H, d, 15.0)	28.5
	1.96 (1H, m)	
7	-	134.8
8	-	203.9
9	2.96 (1H, d, 12.6)	59.8
	2.58 (1H, d, 12.6)	
10	-	72.7
11	-	142.4
12	1.85 (3H, m)	23.0
13	1.82 (3H, s)	22.3
14	1.20 (3H, s)	22.4
15	1.17 (3H, s)	20.3

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

(*In vitro* α -glucosidase inhibitory activity)

การศึกษากิจกรรมของส่วนสกัดจากเหง้าว่านนางคำในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส นั้น ใช้ *p*-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside (PNPG) เป็น chromophore substrate แทน น้ำตาลโมเลกุลคู่ที่พบในธรรมชาติ เมื่อเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสจะย่อย PNPG ให้กลายเป็นน้ำตาลกลูโคส และ *p*-nitrophenol ซึ่งจะเห็นเป็นสารละลายสีเหลืองสามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 405 nm ถ้าการทดสอบให้ค่าการดูดกลืนแสงน้อย แสดงว่าเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากเหง้าว่านนางคำมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส



สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. สารละลาย PNPG (*p*-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside) ใช้เป็นซับสเตรด (substrate) ความเข้มข้น 5.0 mM
2. สารละลายเอนไซม์ α -glucosidase (จากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae*) ใน sodium phosphate buffer (pH 6.8) เข้มข้น 0.2 U/mL
3. สารละลาย sodium phosphate buffer (pH 6.8) เข้มข้น 10.0 mM
4. สารละลาย sodium carbonate (Na_2CO_3) เข้มข้น 1.0 mM
5. 80% Methanol
6. สารละลาย Acarbose (Positive control) ความเข้มข้น 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.313 และ 0.156 mg/ml

7. สารตัวอย่าง ความเข้มข้น 1.0 mg/ml

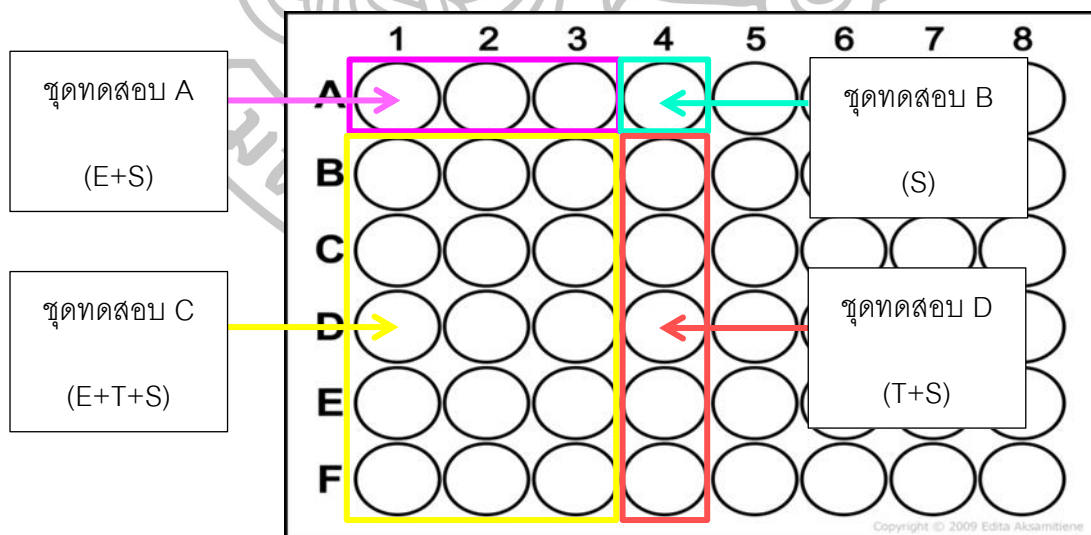
วิธีการทดสอบ

แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ชุดทดสอบ และทำการปิเปตสารละลายที่ใช้ทดสอบลงใน 96-well plate ให้มีปริมาตรดังตารางที่ 2.26

ตารางที่ 2.26 แสดงปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการทดสอบ

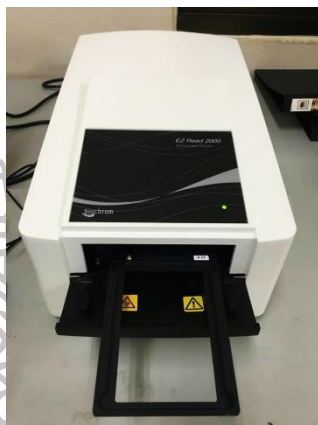
ชุดการทดสอบ	Sodium Phosphate Buffer (pH 6.8) (μL)	Test Sample (μL)	α -glucosidase (μL)	80% MeOH (μL)
A (E+S)	100	-	20	20
B (S)	120	-	-	20
C (E+T+S)	100	20	20	-
D (T+S)	120	20	-	-

*E = Enzyme, T = Test Sample, S = Substrate



รูปที่ [2.2] แสดงภาพของ 96 well-plate

ผสมสารละลายในแต่ละหลุมให้เข้ากัน ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้อง 25 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเติมสารละลาย PNPG ซึ่งเป็น substrate ปริมาตร 20 μL ลงไปในแต่ละหลุมแล้วเขย่าให้เข้ากัน บ่มต่อที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยเติม Na_2CO_3 40 μL จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 405 nm โดยเครื่อง EZ Read 2000 Microplate Reader ดังรูปที่ [2.3] แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาค่า %inhibition



รูปที่ [2.3] แสดงภาพเครื่อง EZ Read 2000 Microplate Reader

คำนวณหาค่า % Inhibition

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{\{(A-B)-(C-D)\}}{(A-B)} \times 100$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อไม่มีสารทดสอบแต่มีเอนไซม์

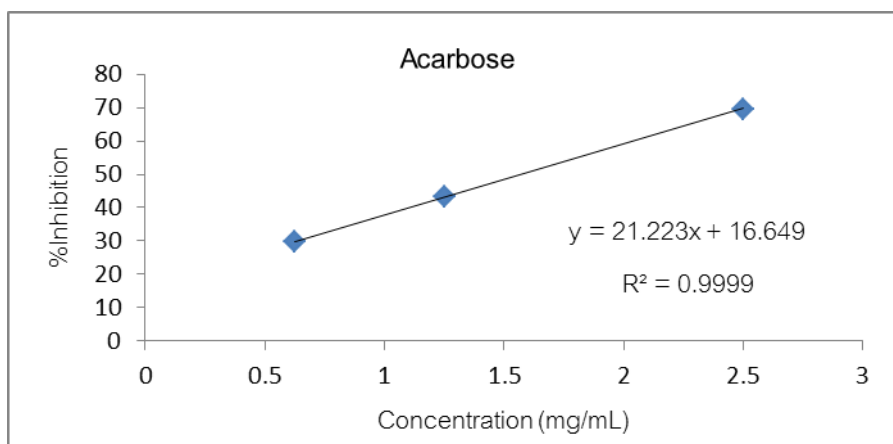
B = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อไม่มีสารทดสอบและไม่มีเอนไซม์

C = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อมีสารทดสอบและมีเอนไซม์

D = ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อมีสารทดสอบแต่ไม่มีเอนไซม์

คำนวณหาค่า IC_{50} (half maximal inhibitory concentration)

IC_{50} คือ ความเข้มข้นของสารที่มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ที่ 50% สามารถคำนวณได้โดยการพลอตกราฟระหว่างค่า %Inhibition (แกน y) ที่คำนวณได้ กับความเข้มข้นของสารตัวอย่างในหน่วย mg/mL (แกน x) ดังแสดงในรูปที่ [2.4]



รูปที่ [2.4] แสดงกราฟที่พลอตระหว่างค่า %Inhibition กับ ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง (mg/mL)

วิธีการคำนวณจากสมการเส้นตรง $y = 21.223x + 16.649$

แทนค่า $y = 50$; จะได้ $50 = 21.223x + 16.649$

$$x = 1.571 \text{ mg/mol}$$

$$= 1.571 \text{ mg/mol} \times (1\text{mol}/645.60 \text{ gAcarbose})$$

$$= 2.433 \text{ mM}$$

ดังนั้นค่า IC_{50} จะมีค่าเท่ากับ 2.433 mM (ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย)

นำสารบริสุทธิ์ที่แยกได้ทั้ง 13 ตัวมาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสเทียบกับสารมาตรฐาน (Acarbose) ดังแสดงในตารางที่ 2.27

ตารางที่ 2.27 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสาร CAS-1 ถึง CAS-13 เทียบกับสารมาตรฐาน (Acarbose)

Compounds	IC ₅₀ (mM) ^a
CAS-1	1.53±0.08
CAS-2	3.33±0.10
CAS-3	0.87±0.01
CAS-4	1.68±0.13
CAS-5	NI ^b
CAS-6	4.00±0.2
CAS-7	1.60±0.08
CAS-8	3.67±0.13
CAS-9	NI ^b
CAS-10	NI ^b
CAS-11	0.20±0.01
CAS-12	NI ^b
CAS-13	0.89±0.03
Positive control (Acarbose)	2.52±0.12

^aค่า IC₅₀ ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±SD), n=3

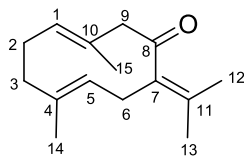
^bความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารชนิดนั้นต่ำกว่า 30% ที่ความเข้มข้น 1mg/mL

บทที่ 3

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

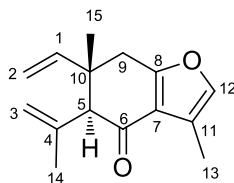
การศึกษาโครงสร้างของสารประกอบที่แยกได้จากเหง้าว่านนางคำ (*Curcuma 73ethane73 Salisb*)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี จากเหง้าว่านนางคำ โดยใช้ column chromatography พบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทั้งหมด 13 ตัว โดยพบสาร 4 ตัวจากส่วนสกัด EtOAc แบ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene 1 ตัว คือ *ent-aerugidiol* (CAS-10) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่ และพบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เคยมีคนค้นพบมาแล้วซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม diarylpentanoids 1 ตัว คือ 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadiene-3-one (CAS-11) และสารในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene พบอีก 2 ตัว คือ *procurcumenol* (CAS-12) และ *Zedoarondiol* (CAS-13) ในส่วนสกัด hexane จากเหง้าว่านนางคำ พบสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในกลุ่ม sesquiterpenes ทั้งหมด 9 ตัว ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เคยมีคนค้นพบมาแล้วแบ่งเป็นกลุ่ม germacranes-type sesquiterpene 3 ตัว คือ *germacrone* (CAS-1), *curdione* (CAS-6) และ *(1R,10R)-epoxycurdione* (CAS-7) กลุ่ม furan-containing-type sesquiterpene 3 ตัว คือ *curzerenone* (CAS-2), *furanodienone* (CAS-3) และ *zederone* (CAS-8) กลุ่ม cyclopropano-type sesquiterpene 1 ตัว คือ *curcumenone* (CAS-4) กลุ่ม spiro-lactone-type sesquiterpene 1 ตัว คือ *curcumalactone* (CAS-5) และ *curcumolide* (CAS-9)

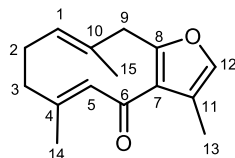
CAS-1: germacrone

สารมีลักษณะเป็นของเหลวใสปนของแข็งสีขาว มีจุดหลอมเหลว 50-51 °C จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3050 (=C-H) และ 1675 (C=O) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 241.1572 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-1 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 1.77 (3H, s, CH_3 -13), 1.73 (3H, s, CH_3 -12), 1.63 (3H, s, CH_3 -15) และ 1.44 (3H, s, CH_3 -14) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 4.98 (1H, d, $J=10.8$ Hz, H-1) และ 4.71 (1H, d, $J=11.1$ Hz, H-5) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl ที่ δ_{C} 208 (C-8) พบสัญญาณของ tetrasubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 137.3 (C-11) และ 129.5 (C-7) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 135.0 (C-10), 132.7 (C-1), 126.7 (C-4) และ 125.4 (C-5) พบสัญญาณของ methylene carbon 2 คู่ที่ δ_{C} 55.9 (C-9), 38.1 (C-3), 29.3 (C-6) และ 24.1 (C-2) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-1 อยู่ในกลุ่ม germacrane-type sesquiterpene และเมื่อเปรียบเทียบกับ germacrone พบว่ามีค่าตรงกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-1 มีโครงสร้างเป็น germacrone

CAS-2: curzerenone

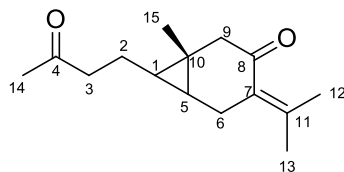


สารมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง มีค่า $[\alpha]_D^{25} -0.25^\circ$ ($c=0.047$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3057 ($=\text{C}-\text{H}$) และ 1784 ($\text{C}=\text{O}$), 1671 ($\text{C}=\text{C}$) และ 1071 ($\text{C}-\text{O}$) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 253.1207 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-2 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 7 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 3 หมู่ ที่ δ_{H} 2.16 (3H, s, CH_3 -13), 1.82 (3H, s, CH_3 -14) และ 1.17 (3H, s, CH_3 -15) พบสัญญาณของ trisubstituted proton ที่วง furan ที่ δ_{H} 7.08 (1H, br s, H-12) พบสัญญาณของ terminal vinylic proton ที่ δ_{H} 5.79 (1H, dd, $J=17.4$ Hz, 10.8, H-1) และ 4.96 (2H, dd, $J=17.4$, 4.2 Hz, H-2) พบสัญญาณของ terminal methylene proton ที่ δ_{H} 4.97 (1H, br s, H-3a) และ 4.74 (1H, br s, H-3b) พบสัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 3.00 (s, H-5) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl ที่ δ_{C} 194.8 (C-6) พบสัญญาณของ olefinic carbon ที่วง furan 2 คู่ที่ δ_{C} 165.5 (C-8), 119.2 (C-7) และ 139.6 (C-12), 120.1 (C-11) พบสัญญาณของ terminal vinylic carbon ที่ δ_{C} 145.5 (C-1) และ 112.9 (C-2) พบสัญญาณของ terminal methylene carbon ที่ δ_{C} 141.0 (C-4) และ 115.6 (C-3) พบสัญญาณของ quaternary carbon ที่ δ_{C} 42.8 (C-10) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 64.0 (C-5) และ พบสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 33.6 (C-9) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-2 จัดอยู่ในกลุ่ม furan-containing-type sesquiterpene ซึ่งลักษณะสเปกตรัมเหมือนกับ curzerenone เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ระหว่าง CAS-2 กับ curzerenone ($[\alpha]_D^{25} \pm 0$ [62]) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-2 มีโครงสร้างเป็น curzerenone

CAS-3: furanodienone

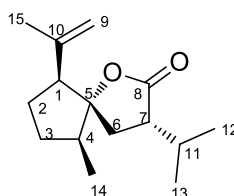
สารมีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3056 (=C-H) และ 1732 (C=O) และ 1069 (C-O) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 253.1206 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-3 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 7 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 3 หมู่ ที่ δ_{H} 2.14 (3H, s, CH_3 -13), 2.00 (3H, s, CH_3 -14) และ 1.31 (3H, s, CH_3 -15) พบสัญญาณของ proton ที่วง furan ที่ δ_{H} 7.08 (1H, br s, H-12) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.81 (1H, br s, H-5) และ 5.18 (1H, dd, $J=11.4, 4.8$ Hz, H-1) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl ที่ δ_{C} 190.0 (C-6) พบสัญญาณของ olefinic carbon ของวง furan ที่ δ_{C} 156.7 (C-8), 124.0 (C-7) และ 138.1 (C-12), 121.9 (C-11) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 145.5 (C-4), 135.2 (C-10), 132.3 (C-5) และ 130.6 (C-1) พบสัญญาณของ methylene carbon 3 ตำแหน่งที่ δ_{C} 41.6 (C-9), 40.6 (C-3) และ 26.3 (C-2) จากข้อมูลข้างต้นพบว่าสาร CAS-3 จัดอยู่ในกลุ่ม furan-containing-type sesquiterpene เช่นเดียวกับ CAS-2 เมื่อเปรียบเทียบ $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra ของสาร CAS-3 กับ furanodienone มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-3 มีโครงสร้างเป็น **furanodienone**

CAS-4: curcumenone



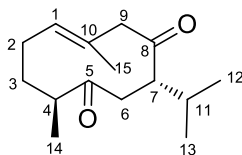
สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน มีค่า $[\alpha]_D^{25} -12.7^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 1714, 1675 ($\text{C}=\text{O}$) และ 1606 ($\text{C}=\text{C}$) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 257.1520 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-4 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ที่ δ_{H} 2.13 (3H, s, CH_3 -14), 2.09 (3H, s, CH_3 -12), 1.79 (3H, s, CH_3 -13) และ 1.12 (3H, s, CH_3 -15) พบสัญญาณ proton ที่วง cyclopropane ที่ δ_{H} 0.67 (1H, q, $J=4.2$ Hz, H-5) และ 0.45 (1H, dt, $J=7.2$, 4.8 Hz, H-1) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl 2 หมู่ที่ δ_{C} 208.9 (C-4) และ 201.8 (C-8) พบสัญญาณของ tetrasubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 147.5 (C-11) และ 128.1 (C-7) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 24.2 (C-1 และ C-5) พบสัญญาณของ methylene carbon 4 หมู่ที่ δ_{C} 49.0 (C-9), 43.9 (C-3), 28.0 (C-6), และ 23.2 (C-2) และพบสัญญาณของ quaternary carbon ที่ δ_{C} 20.1 (C-10) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-4 มีค่าใกล้เคียงกับ curcumenone ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม cyclopropano-type sesquiterpene เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ระหว่าง CAS-4 กับ curcumenone ($[\alpha]_D^{25} -12.7^\circ$ ($c=1.1$, MeOH [62])) พบว่ามีค่าเท่ากันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-4 มีโครงสร้างเป็น curcumenone

CAS-5: curcumalactone



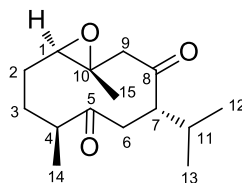
สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน มีค่า $[\alpha]_D^{25} -24.3^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 1761 (C=O), 1644 (C=C) และ 1172 (C-O) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 259.1676 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-5 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 4 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ที่ δ_{H} 1.80 (3H, s, CH_3 -15), 0.99 (3H, d, $J=6.9$ Hz, CH_3 -13), 0.94 (3H, d, $J=6.6$ Hz, CH_3 -14) และ 0.90 (3H, d, $J=6.6$ Hz, CH_3 -12) พบสัญญาณของ *exo*-olefinic proton ที่ δ_{H} 4.99 (1H, t, $J=0.9$ Hz, H-9a) และ 4.91 (1H, s, H-9b) พบสัญญาณของ methine proton δ_{H} 2.75 (1H, dd, $J=11.1, 9.0$ Hz, H-1), 2.57 (1H, td, $J=10.8, 4.8$ Hz, H-7), 2.41 (1H, m, H-4) และ 2.19 (1H, m, H-11) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ lactone carbonyl ที่ δ_{C} 178.4 (C-8) พบสัญญาณของ *exo*-olefinic carbon ที่ δ_{C} 143.3 (C-10) และ 113.4 (C-9) พบสัญญาณของ oxygenated quaternary carbon ที่ δ_{C} 92.4 (C-5) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 53.6 (C-1), 46.5 (C-7), 41.8 (C-4) และ 28.2 (C-11) พบสัญญาณของ methylene carbon 3 หมู่ที่ δ_{C} 26.8 (C-3), 23.8 (C-2) และ 22.5 (C-6) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-5 จัดอยู่ในกลุ่ม spiro lactones-type sesquiterpene และมีสเปกตรัมเหมือนกับ curcumalactone เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ของ curcumalactone ($[\alpha]_D^{25} -11.07^\circ$ ($c=3.43$, CHCl_3) [65]) กับสาร CAS-5 พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-5 มีโครงสร้างเป็น **curcumalactone**

CAS-6: curdione



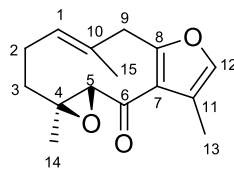
สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน มีค่า $[\alpha]_D^{25} +51.8^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3059 (=C-H), 1762, 1699 (C=O) และ 1662 (C=C) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 259.1677 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-6 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 4 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 1.66 (3H, s, CH_3 -15), 0.98 (3H, d, $J=6.9$ Hz, CH_3 -14), 0.95 (3H, d, $J=6.6$ Hz, CH_3 -12) และ 0.88 (3H, d, $J=6.6$ Hz, CH_3 -13) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.14 (1H, br s, H-1) พบสัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 2.85 (1H, m, H-7), 2.34 (1H, m, H-4) และ 1.87 (1H, m, H-11) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl 2 หมู่ ที่ δ_{C} 214.2 (C-8) และ 210.9 (C-5) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 131.5 (C-1) และ 129.8 (C-10) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 53.5 (C-7), 46.6 (C-4) และ 30.1 (C-11) พบสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 55.6 (C-9), 44.1 (C-6), 34.0 (C-3), และ 26.3 (C-2) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-6 จัดอยู่ในกลุ่ม germacranes-type sesquiterpene เช่นเดียวกับ CAS-1 เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ระหว่าง CAS-6 กับ curdione ($[\alpha]_D^{25} +31.1^\circ$ ($c=0.5$, MeOH) [66]) มีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-6 มีโครงสร้างเป็น curdione

CAS-7: (1*R*,10*R*)-epoxycurdione



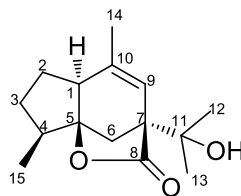
สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดใสสีเหลืองอ่อน มีค่า $[\alpha]_D^{25}$ -124.3° ($c=0.0095$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณของ carbonyl 2 หมู่ที่ 1761 และ 1711 cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 275.1625 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-7 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_3$ และมีความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 4 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบว่ามีสัญญาณคล้ายกับ curdione (CAS-6) แตกต่างตรงไม่พบสัญญาณของ olefinic proton ที่ตำแหน่ง H-1 แต่พบสัญญาณ proton ของ epoxy ring ที่ δ_{H} 2.89 (1H, dd, $J=9.9, 3.9$ Hz, H-1) แทน ส่วนสัญญาณที่เหลือจะคล้ายกับ curdione ได้แก่สัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ที่ δ_{H} 1.16 (3H, s, CH_3 -15), 1.07 (3H, d, $J=6.9$ Hz, CH_3 -14), 0.97 (3H, d, $J=6.9$ Hz, CH_3 -13) และ 0.87 (3H, d, $J=6.9$ Hz, CH_3 -12) สัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 2.81 (1H, m, H-4), 2.66 (1H, m, H-7) และ 1.70 (1H, m, H-11) สัญญาณของ methylene proton ที่ δ_{H} 3.08 (1H, dd, $J=18.0, 12.0$ Hz, H-6a), 2.81 (1H, dd, $J=18.0, 3.9$ Hz, H-6b), 2.69 (1H, d, $J=11.4$ Hz, H-9a), 2.22 (1H, d, $J=11.1$ Hz, H-9b), 2.07 (1H, m, H-3a), 1.67 (1H, m, H-3b), 2.06 (1H, m, H-2a) และ 1.32 (1H, m, H-2b) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของหมู่ carbonyl 2 หมู่ที่ δ_{C} 213.2 (C-8) และ 209.0 (C-5) พบสัญญาณ carbon ของ epoxy ring ที่ δ_{C} 64.2 (C-1) และ 59.0 (C-10) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 56.0 (C-7), 44.5 (C-4) และ 30.1 (C-11) พบสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 50.8 (C-9), 42.7 (C-6), 29.6 (C-3), และ 24.7 (C-2) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-7 จัดอยู่ในกลุ่ม germacranes-type sesquiterpene เช่นเดียวกับ CAS-6 ต่างกันที่ตำแหน่งที่ 1 และ 10 ของ CAS-7 ถูกแทนที่ด้วย epoxy ring เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ระหว่าง CAS-7 กับ (1*R*,10*R*)-epoxycurdione ($[\alpha]_D^{25}$ -103.7° ($c=0.2$, MeOH) [66]) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-7 มีโครงสร้างเป็น (1*R*,10*R*)-epoxycurdione

CAS-8: zederone

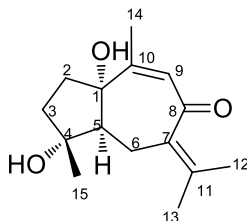


สารมีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสีขาว มีจุดหลอมเหลว 141-143 °C และมีค่า $[\alpha]_D^{25} +186.5^\circ$ ($c=0.052$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3058 ($=\text{C-H}$), 1731 (C=O), 1665 (C=C) และ 1106 (C-O) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 269.1157 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-8 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{18}\text{O}_3$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 7 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบว่ามีลักษณะคล้ายกับ furanodienone (CAS-3) ยกเว้นพบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.48 (1H, dd, $J=11.7, 3.0$ Hz, H-1) เพียง 1 ตำแหน่งและพบสัญญาณ proton ของ epoxy ring ที่ δ_{H} 3.81 (1H, s, H-5) แสดงว่าพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 4 และ 5 ถูกแทนที่ด้วยวง epoxide ส่วนสัญญาณที่เหลือคล้ายกับ furanodienone ได้แก่ สัญญาณของหมู่ methyl 3 หมู่ ที่ δ_{H} 2.12 (3H, s, CH_3 -13), 1.56 (3H, s, CH_3 -15) และ 1.35 (3H, s, CH_3 -14) พบสัญญาณของ proton ที่วง furan ที่ δ_{H} 7.09 (1H, s, H-12) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon พบสัญญาณของ หมู่ carbonyl ที่ δ_{C} 192.2 (C-6) พบสัญญาณของ olefinic carbon ที่วง furan ที่ δ_{C} 157.1 (C-8), 138.1 (C-12), 123.3 (C-7) และ 122.3 (C-11) พบสัญญาณของ olefinic carbon ที่ δ_{C} 131.2 (C-10) และ 131.1 (C-1) พบสัญญาณของ methylene carbon 3 ตำแหน่งที่ δ_{C} 41.9 (C-9), 38.0 (C-3) และ 24.7 (C-2) นอกจากนี้ยังพบสัญญาณการมีอยู่ของ epoxy ring ที่ δ_{C} 66.6 (C-5) และ 64.0 (C-4) พบสัญญาณของ methylene carbon 3 ตำแหน่งที่ จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่า สาร CAS-8 มีโครงสร้างคล้ายกับ CAS-3 แต่ต่างกันที่ carbon ตำแหน่งที่ 4 และ 5 ของ CAS-8 ถูกแทนที่ด้วย epoxide ring และเมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ของสาร CAS-8 กับ zederone ($[\alpha]_D^{25} +290^\circ$ ($c=1.14$, CHCl_3) [54]) มีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-8 มีโครงสร้างเป็น zederone

CAS-9: curcumolide

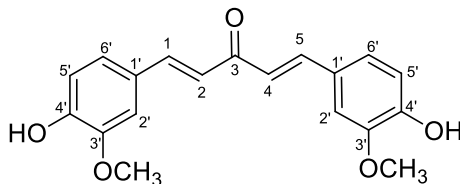


สารมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว มีจุดหลอมเหลว 111-112 °C และมีค่า $[\alpha]_D^{25} -220.7^\circ$ ($c=0.048$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3515 (O-H), 1747 (C=O) และ 1576 (C=C) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 273.1470 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-9 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_3$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 1.71 (3H, s, CH_3 -14), 1.34 (3H, s, CH_3 -13) และ 1.22 (3H, s, CH_3 -12) และ 1.07 (3H, d, $J=6.3$, CH_3 -15) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.95 (d, $J=1.2$ Hz, H-9) และพบสัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 2.49 (1H, t, $J=10.5$ Hz, H-1) และ 2.09 (1H, m, H-4) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon โดยพบสัญญาณของหมู่ lactone carbonyl ที่ δ_{C} 178.7 (C-8) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 139.4 (C-10) และ 121.6 (C-9) พบสัญญาณของ oxygenated quaternary carbon ที่ δ_{C} 92.1 (C-5) และ 70.7 (C-11) พบสัญญาณของ quaternary carbon ที่ δ_{C} 56.8 (C-7) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 51.2 (C-1) และ 38.4 (C-4) พบสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 37.0 (C-6), 29.9 (C-3) และ 23.3 (C-2) เมื่อเปรียบเทียบข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-9 เหมือนกับ curcumolide เมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ของสาร CAS-9 กับ curcumolide ($[\alpha]_D^{25} -220.7^\circ$ ($c=0.048$, CHCl_3) [34]) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-9 มีโครงสร้างเป็น curcumolide

CAS-10: *ent*-aerugidiol

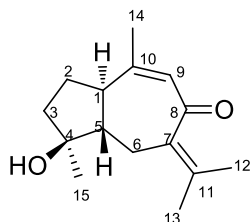
สารมีลักษณะเป็นผลึกสีเหลือง มีจุดหลอมเหลว 142-144 °C และมีค่า $[\alpha]_D^{25} +21.7^\circ$ ($c=0.0502$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3388 (O-H), 1719 (C=O) และ 1644 (C=C) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 273.1471 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-10 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_3$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 2.02 (3H, s, CH_3 -12), 2.00 (3H, d, $J=0.9$ Hz, CH_3 -15), 1.88 (3H, s, CH_3 -13) และ 1.43 (3H, s, CH_3 -14) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.84 (1H, d, $J=0.9$ Hz, H-9) และพบสัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 1.97 (1H, t, $J=13.7$ Hz, H-5) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon โดยพบสัญญาณของหมู่ α,β -unsaturated conjugated carbonyl ที่ δ_{C} 194.6 (C-8) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 151.6 (C-10) และ 128.5 (C-9) พบสัญญาณของ tetrasubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 143.8 (C-11) และ 133.4 (C-7) พบสัญญาณของ quaternary oxygenated carbon ที่ δ_{C} 87.0 (C-1) และ 83.7 (C-4) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 61.4 (C-5) สำหรับสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 37.7 (C-2), 37.5 (C-3) และ 27.7 (C-6) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-10 จัดอยู่ในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene และมีโครงสร้างเหมือนกับ aerugidiol แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า optical rotation ของสาร CAS-10 ($[\alpha]_D^{25} +21.7^\circ$) กับ aerugidiol ($[\alpha]_D^{25} -17.0^\circ$ ($c=1.0$, MeOH) [67]) พบว่ามีเครื่องหมายตรงข้ามกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-10 มีโครงสร้างเป็น enantiomer ของ aerugidiol (*ent*-aerugidiol) ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานการแยกสารตัวนี้จากธรรมชาติมาก่อน

CAS-11: 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one



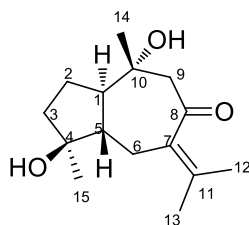
สารมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลเหลือง มีจุดหลอมเหลว 153-154 °C จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3526 (O-H), 3054 (=C-H), 1670 (C=C) นอกจากนี้ยังพบสัญญาณของหมู่ฟังก์ชัน aromatic ที่ 1591 และ 1512 cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 349.1054 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-11 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{O}_5$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 11 จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของ methoxy proton ที่ δ_{H} 3.98 (3H, s, $\text{CH}_3\text{O-3}'$) พบสัญญาณของ *trans*-olefinic proton 2 คู่ที่ δ_{H} 7.60 (1H, d, $J=15.6$ Hz, H-1/H-5) และ 6.48 (1H, d, $J=15.9$ Hz, H-2/H-4) นอกจากนี้ยังพบสัญญาณของ aromatic proton ที่ δ_{H} 7.12 (1H, dd, $J=8.1, 1.5$ Hz, H-6'), 7.05 (1H, s, H-2') และ 6.94 (1H, d, $J=8.1$ Hz, H-5') จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 19 carbon โดยพบสัญญาณของหมู่ carbonyl ที่ δ_{C} 183.3 (C-3) พบสัญญาณของ *trans*-olefinic carbon ที่ δ_{C} 140.6 (C-1/C-5) และ 121.8 (C-2/C-4) พบสัญญาณ 1,3,4-trisubstituted benzene ring โดยมีสัญญาณของ aromatic quaternary carbon ที่ δ_{C} 147.9 (C-4'), 146.8 (C-3') และ 127.7 (C-1') และสัญญาณของ aromatic methine carbon ที่ δ_{C} 122.9 (C-6'), 114.9 (C-5') และ 110.0 (C-2') จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra ปรากฏสัญญาณของ proton และ carbon เพียงครั้งเดียวของจำนวนทั้งหมดในโครงสร้าง ทำให้ทราบว่าสาร CAS-11 มีโครงสร้างสมมาตรจัดอยู่ในกลุ่ม diarylpentanoid และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างของสาร CAS-11 กับ 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one [68] พบว่ามีค่าเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-11 มีโครงสร้างเป็น 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one

CAS-12: procurcumenol



สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน มีค่า $[\alpha]_D^{25} +85.9^\circ$ ($c=0.0502$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3453 (O-H), 3055 (=C-H), 1712 (C=O) และ 1655 (C=C) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 257.1517 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ ทำให้ทราบว่า CAS-12 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_2$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 1.88 (3H, s, CH_3 -14), 1.77 (3H, s, CH_3 -13), 1.75 (3H, s, CH_3 -12) และ 1.24 (3H, s, CH_3 -15) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic proton ที่ δ_{H} 5.87 (d, $J=1.2$ Hz, H-9) และพบสัญญาณของ methine ที่ δ_{H} 2.37 (1H, m, H-1) และ 1.93 (1H, m, H-5) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon โดยพบสัญญาณของหมู่ α,β -unsaturated conjugated carbonyl ที่ δ_{C} 199.4 (C-8) พบสัญญาณของ trisubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 155.0 (C-10) และ 129.0 (C-9) พบสัญญาณของ tetrasubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 136.8 (C-7) และ 136.3 (C-11) พบสัญญาณของ quaternary oxygenated carbon ที่ δ_{C} 80.3 (C-4) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 53.9 (C-5) และ 50.6 (C-1) และสำหรับสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 39.8 (C-3), 28.6 (C-6) และ 26.9 (C-2) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-12 จัดอยู่ในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene เช่นเดียวกับสาร CAS-10 ต่างกันที่ CAS-12 ไม่พบสัญญาณของ oxygenated quaternary carbon ที่ตำแหน่งที่ 1 และเมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ของสาร CAS-12 กับ procurcumenol ($[\alpha]_D^{25} +60.9^\circ$ ($c=0.8$, CHCl_3) [69]) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-12 มีโครงสร้างเป็น **procurcumenol**

CAS-13: zedoarondiol

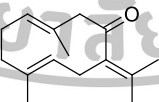
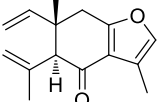


สารมีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีน้ำตาลเหลือง มีค่า $[\alpha]_D^{25} -41.9^\circ$ ($c=0.049$, CHCl_3) จากข้อมูล IR spectrum พบสัญญาณที่ 3433 (O-H), 1711 (C=O) และ 1669 (C=C) cm^{-1} จากข้อมูล mass spectrum มีค่า m/z 275.1623 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ โดยจากการคำนวณมีค่า m/z 275.1623 ทำให้ทราบว่า CAS-13 มีสูตรโมเลกุลคือ $\text{C}_{15}\text{H}_{24}\text{O}_3$ และมีค่าความไม่อิ่มตัว (Ω) เท่ากับ 5 สำหรับข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ spectrum พบสัญญาณของหมู่ methyl 4 หมู่ ที่ δ_{H} 1.85 (3H, m, CH_3 -12), 1.82 (3H, s, CH_3 -13), 1.20 (3H, s, CH_3 -14) และ 1.17 (3H, s, CH_3 -15) และพบสัญญาณของ methine proton ที่ δ_{H} 1.95 (1H, m, H-1) และ 1.38 (1H, t, $J=11.7$ Hz, H-5) จาก $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum แสดงสัญญาณทั้งหมด 15 carbon โดยพบสัญญาณของ carbonyl ที่ δ_{C} 203.9 (C-8) พบสัญญาณของ tetrasubstituted olefinic carbon ที่ δ_{C} 142.4 (C-11) และ 134.8 (C-7) พบสัญญาณของ quaternary oxygenated carbon ที่ δ_{C} 79.9 (C-4) และ 72.7 (C-10) พบสัญญาณของ methine carbon ที่ δ_{C} 55.8 (C-1) และ 51.6 (C-5) และสำหรับสัญญาณของ methylene carbon ที่ δ_{C} 59.8 (C-9), 39.5 (C-3) 28.5 (C-6) และ 21.9 (C-2) จากข้อมูล $^1\text{H-NMR}$ และ $^{13}\text{C-NMR}$ spectra พบว่าสาร CAS-13 จัดอยู่ในกลุ่ม guaianes-type sesquiterpene เช่นเดียวกับสาร CAS-10 และ CAS-12 ต่างกันที่ carbon ตำแหน่งที่ 10 ของสาร CAS-13 พบสัญญาณของ quaternary oxygenated carbon และเมื่อเปรียบเทียบค่า optical rotation ของสาร CAS-13 กับ zedoarondiol ($[\alpha]_D^{25} -44.0^\circ$ ($c=1.0$, MeOH) [69]) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีเครื่องหมายเหมือนกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า CAS-13 มีโครงสร้างเป็น zedoarondiol

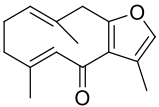

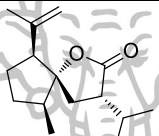
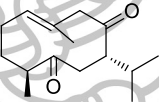
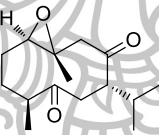
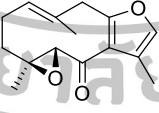
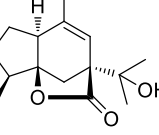
การประเมินฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

จากการศึกษาฤทธิ์ผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสของสารบริสุทธิ์ทั้ง 13 ตัว ที่แยกได้จากเหง้าว่านนางคำ ดังแสดงดังตารางที่ 3.1 พบว่าสารในกลุ่ม diarylpentanoid คือ 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one (CAS-11) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.20 ± 0.01 mM ซึ่งมีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีกว่ายา Acarbose ถึง 12.6 เท่า (IC_{50} เท่ากับ 2.52 ± 0.12 mM) สารในกลุ่ม sesquiterpene เช่น furanodienone (CAS-3) และ zedoarondiol (CAS-13) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.87 ± 0.01 และ 0.89 ± 0.03 mM ซึ่งสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีกว่า acarbose 2.5 เท่า สำหรับ germacrone (CAS-1), (1R,10R)-epoxycurdione (CAS-7) และ curcumenone (CAS-4) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.53 ± 0.08 , 1.60 ± 0.08 และ 1.68 ± 0.13 mM ตามลำดับ มีความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดสได้ดีกว่า acarbose 1.5 เท่า จากการศึกษาข้างต้นทำให้ทราบว่า 1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one อาจนำมาใช้ผลิตเป็นยารักษาโรคเบาหวานแทน acarbose แต่จำเป็นต้องนำไปศึกษาทาง pharmaceutical เพื่อทดสอบความเป็นพิษต่อร่างกายเป็นลำดับต่อไป

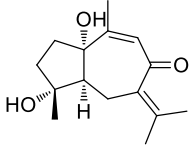
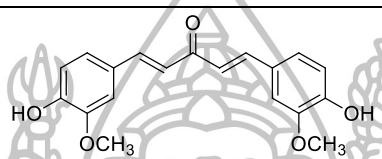
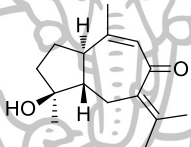
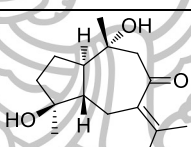
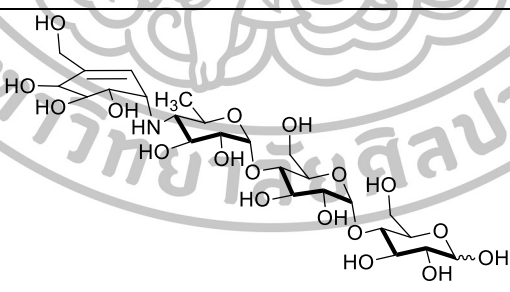
ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปโครงสร้างของสาร (CAS-1 ถึง CAS-13) และความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส

Compound	Structure	IC_{50} (mM)
CAS-1	 germacrone	1.53 ± 0.08
CAS-2	 curzerenone	3.33 ± 0.10

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปโครงสร้างของสาร (CAS-1 ถึง CAS-13) และความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (ต่อ)

Compound	Structure	IC ₅₀ (mM)
CAS-3	 <p>furanodienone</p>	0.87±0.01
CAS-4	 <p>curcumenone</p>	1.68±0.13
CAS-5	 <p>curcumalactone</p>	NI
CAS-6	 <p>curdione</p>	4.00±0.2
CAS-7	 <p>(1<i>R</i>,10<i>R</i>)-epoxycurdione</p>	1.60±0.08
CAS-8	 <p>zederone</p>	3.67±0.13
CAS-9	 <p>curcumolide</p>	NI

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปโครงสร้างของสาร (CAS-1 ถึง CAS-13) และความสามารถในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาไกลูโคซิเดส (ต่อ)

Compound	Structure	IC ₅₀ (mM)
CAS-10	 <p><i>ent-aerugidiol</i></p>	NI
CAS-11	 <p>1,5-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,4-pentadien-3-one</p>	0.20±0.01
CAS-12	 <p>procurcumenol</p>	NI
CAS-13	 <p>zedoarondiol</p>	0.89±0.03
Positive control	 <p>Acarbose</p>	2.52±0.12

รายการอ้างอิง

1. สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2016). จำนวนและอัตราการตายด้วยโรคเบาหวาน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaincd.com/information-statistic/brfss-data.php>
2. International Diabetes Federation. **2015**, 7, 23-26.
3. พญ. กานต์สิริ ปาริยกร. (2015). เบาหวานมีกี่ชนิด. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <https://www.bangkokpattayahospital.com/th/healthcare-services-th/dm-and-endocrinology-center-th/item/1288.html>
4. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. (2011). โรคเบาหวาน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=35&chap=8&page=t35-8-infodetail06.html>
5. โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. (2015). โรคเบาหวาน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <https://www.bumrungrad.com/th/men-health-center-bangkok-thailand/conditions/diabetes-in-men>
6. คู่มือเบาหวาน. (2015). ความรู้ทั่วไปเรื่องโรคเบาหวาน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.diabetescareth.com/diabetes_detail.php?diabetesid=10
7. Kkool. (2007). ชนิดของยารักษาโรคเบาหวาน. เข้าถึงเมื่อวันที่ 4 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://www.oknation.net/blog/kkool/2007/12/19/entry-9>
8. พวงเพ็ญ ศิริรักษ์. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร **2551**, 5, 119-128
9. Chimnoi, N.; Sarasuk, C.; Khunnawutmanotham, N.; Intachote, P.; Seangsai, S.; Saimanee, B.; Pisutjaroenpong, S.; Mahidol, C.; Techasakul, S. *Phytochem. Lett.* **2009**, 2, 184–187.
10. Azuma, T.; Kayano, S. I.; Matsumura, Y.; Konishi, Y.; Tanaka, Y.; Kikuzaki, H. *Food Chemistry*. 2011, 471–475.

11. Xu, J.; Ji, C.; Zhang, Y.; Su, J.; Li, Y.; Tan, N. *Bioorganic Med. Chem. Lett.* **2012**, *22*, 1660–1663.
12. Suresh, G.; Poornima, B.; Babu, K. S.; Yadav, P. A.; Rao, M. S. A.; Siva, B.; Prasad, K. R.; Nayak, V. L.; Ramakrishna, S. *Fitoterapia* **2013**, *86*, 100–107.
13. Ponnusamy, S.; Zinjarde, S.; Bhargava, S.; Rajamohanan, P. R.; Ravikumar, A. *Food Chemistry*. **2012**, 2638–2642.
14. Dao, T. T.; Nguyen, P. H.; Won, H. K.; Kim, E. H.; Park, J.; Won, B. Y.; Oh, W. K. *Food Chem.* **2012**, *134*, 21–28.
15. สมุนไพร. (2013). **ว่านนางคำ**. เข้าถึงเมื่อ 4 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://frynn.com/%E0%B8%A7%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%B3/>
16. The gardeninfoportal. (2008). **Curcuma aromatica** Salisb. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม. เข้าถึงได้จาก http://en.hortipedia.com/wiki/Curcuma_aromatica
17. Huang, N.; Ogihara, Y.; Gonda, R.; Takeda, T. *Chem. Pharm. Bull.* 2000, *48*, 1228–1229.
18. Takahashi, M.; Koyano, T.; Kowithayakorn, T.; Hayashi, M.; Komiyama, K.; Ishibashi, M. *Tetrahedron Lett.* **2003**, *44* (11), 2327–2329.
19. Toume, K.; Takahashi, M.; Yamaguchi, K.; Koyano, T.; Kowithayakorn, T.; Hayashi, M.; Komiyama, K.; Ishibashi, M. *Tetrahedron* **2004**, *60* (48), 10817–10824.
20. Toume, K.; Sato, M.; Koyano, T.; Kowithayakorn, T.; Yamori, T.; Ishibashi, M. *Tetrahedron* **2005**, *61*, 6700–6706.
21. Sadhu, S. K.; Tamaki, M.; Ohtsuki, T.; Toume, K.; Koyano, T.; Kowithayakorn, T.; Ishibashi, M. *J. Nat. Prod.* **2009**, *72*, 782–783.

22. พรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2011). หนังสือพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 7. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?Botanic_ID=2468
23. Nakamura, S.; Qu, Y.; Xu, F.; Matsuda, H.; Yoshikawa, M. *Chem. Pharm. Bull.* **2008**, *56*, 1604–1606.
24. Kaewamatawong, R.; Boonchoong, P.; Teerawatanasuk, N. *Phytochem. Lett.* **2009**, *2* (1), 19–21.
25. Chokchaisiri, R.; Chaneiam, N.; Svasti, S.; Fucharoen, S.; Vadolas, J.; Suksamrarn, A. *J. Nat. Prod.* **2010**, *73*, 724–728.
26. พรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2011). หนังสือพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 7. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2538
27. Abas, F.; Lajis, N. H.; Shaari, K.; Israf, D. A.; Stanslas, J.; Yusuf, U. K.; Raof, S. M. *J. Nat. Prod.* **2005**, *68*, 1090–1093.
28. พรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. (2011). หนังสือพรรณไม้สวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ เล่ม 7. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.qsbg.org/database/botanic_book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2547
29. Zhang, P.; Huang, W.; Song, Z.; Zhang, M.; Cheng, L.; Cheng, Y.; Qu, H.; Ma, Z. *Phytochem. Lett.* **2008**, *1*, 103–106.
30. Ma, Z. J.; Meng, Z. K.; Zhang, P. *Fitoterapia* **2009**, *80*, 374–376.
31. Dong, J. Y.; Ma, X. Y.; Cai, X. Q.; Yan, P. C.; Yue, L.; Lin, C.; Shao, W. W. *Phytochemistry* **2013**, *85*, 122–128.
32. Qiu, G.; Yan, P.; Shao, W.; Zhou, J.; Lin, W.; Fang, L.; Zhao, X.; Dong, J. *Chem. Pharm. Bull.* **2013**, *61*, 983–986.

33. Yin, G.; Li, L.; Zhang, Q.; An, Y.; Zhu, J.; Chou, G.; Wang, Z. *J. Nat. Prod.* **2014**, *77*, 2161-2169.
34. Dong, J.; Shao, W.; Yan, P.; Cai, X.; Fang, L.; Zhao, X.; Lin, W.; Cai, Y. *Bioorganic Med. Chem. Lett.* **2015**, *25*, 198–202.
35. Xia, G.; Zhou, L.; Ma, J.; Wang, Y.; Ding, L.; Zhao, F.; Chen, L.; Qiu, F. *Fitoterapia* **2015**, *103*, 143–148.
36. Huang, H.-F.; Zheng, C.-J.; Chen, G.-Y.; Yin, W.-Q.; Huang, X.; Mo, Z.-R. *Chinese Chem. Lett.* **2016**.
37. Nina Zhao-Seiler. (2013). **Medicinal Plants in China Excursions to the roots of chinese medicine.** เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://www.tcmherbs.org/en/?p=310>
38. Chen, J. J.; Tsai, C. S.; Hwang, T. L.; Shieh, P. C.; Chen, J. F.; Sung, P. J. *Food Chem.* **2010**, *119* (3), 974–980.
39. Jerry Coleby-Williams. (2012). **Sustainable Gardening in our Continually Surprising Climate.** เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <https://jerry-coleby-williams.net/2012/01/01/in-production-today-january-2012/best-shot-turmeric-curcuma-longa-6/>
40. Li, J.; Liao, C. R.; Wei, J. Q.; Chen, L. X.; Zhao, F.; Qiu, F. *Bioorganic Med. Chem. Lett.* **2011**, *21*, 5363–5369.
41. Chen, S. D.; Gao, J. T.; Liu, J. G.; Liu, B.; Zhao, R. Z.; Lu, C. J. *Fitoterapia* **2015**, *102*, 67–73.
42. School of Chinese Medicine. (2007). **Medicinal Plants Images Database.** เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://libproject.hkbu.edu.hk/was40/detail?channelid=1288&lang=en&searchword=herb_id=D00508
43. Saifudin, A.; Tanaka, K.; Kadota, S.; Tezuka, Y. *J. Nat. Prod.* **2013**, *76*, 223–229.

44. Sudarminto Setyo Yuwono. (2015). **Temu Giring (Curcuma heyneana val. & van Zippj)**. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://darsatop.lecture.ub.ac.id/2015/08/temu-giring-curcuma-heyneana-val-van-zippj/>
45. Liu, Y.; Ma, J.; Zhao, Q.; Liao, C.; Ding, L.; Chen, L.; Zhao, F. *J. Nat. Prod.* **2013**, *76*, 1150–1156.
46. Ma, J.; Wang, Y.; Liu, Y.; Gao, S.; Ding, L.; Zhao, F.; Chen, L.; Qiu, F. *Fitoterapia* **2015**, *103*, 90–96.
47. Ma, J. H.; Zhao, F.; Wang, Y.; Liu, Y.; Gao, S. Y.; Ding, L. Q.; Chen, L. X.; Qiu, F. *Phytochem. Lett.* **2015**, *14*, 221–225.
48. Paulvps. (2008). **HKWildlife**. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://www.hkwildlife.net/Forum/viewthread.php?tid=30562>
49. Kimura, Y.; Sumiyoshi, M.; Tamaki, T. *Fitoterapia* **2013**, *84*, 163–169.
50. Biodiversity of India. (2010). **Curcuma zedoaria**. เข้าถึงเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก http://www.biodiversityofindia.org/index.php?title=Curcuma_zedoaria
51. Faiz Hossain, C.; Al-Amin, M.; Rahman, K. M. M.; Sarker, A.; Alam, M. M.; Chowdhury, M. H.; Khan, S. N.; Sultana, G. N. N. *J. Ethnopharmacol.* **2015**, *163*, 273–277.
52. senthil kumar. (2014). Herbal Plants . เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน. เข้าถึงได้จาก <http://senthherbals.blogspot.com/2014/08/curcuma-amada-mankayinci.html>
53. Kuroyanagi, M.; Ueno, A.; Koyama, K.; Natori, S. *Chem.Pharm.Bull.* **1990**, *38*, 55–58.
54. Giang, P. M.; Son, P. T. *J. Chemistry.* **2000**, *38*, 96–99.
55. Madhu, S. K.; Shaukath, A. K.; Vijayan, V. A. *Acta Trop.* **2010**, *113*, 7–11.
56. Ahmad, S.; Ali, M.; Ansari, S. H.; Ahmed, F. *J. Saudi chem. Soc.* **2011**, *15*, 287–290.
57. Bamba, Y.; Yun, Y. S.; Kunugi, A.; Inoue, H. *J. Nat. Med.* **2011**, *65*, 583–587.
58. Pant, N.; Misra, H.; Jain, D. C. *Arab. J. Chem.* **2013**, *6*, 279–283.

59. Dai, Z.-J.; Tang, W.; Lu, W.-F.; Gao, J.; Kang, H.-F.; Ma, X.-B.; Min, W.-L.; Wang, X.-J.; Wu, W.-Y. *Cancer Cell Int.* **2013**, *13*, 27.
60. Liu, B.; Gao, Y.-Q.; Wang, X.-M.; Wang, Y.-C.; Fu, L.-Q. *Mol. Med. Rep.* **2014**, *10*, 1046-1050.
61. Abdalla, O.; Hamdi, A.; Ye, L. J.; Kamarudin, M. N. A.; Hazni, H.; Paydar, M.; Looi, C.Y.; Shilpi, J. A.; Kadir, H. A.; Awang, K. *Rec.Nat. Prod.* **2015**, *9:3*, 349-355.
62. Shiobara, Y.; Asakawa, Y.; Kodama, M.; Yakuda, K.; Takemoto, T. *Photochemistry.* **1985**, *11*, 2629-2633.
63. Chokchaisiri, R.; Pimkaew, P.; Piyachaturawat, P.; Chalermglin, R.; Suksamrarn, A. *Rec. Nat. Prod.* **2014**, *8:1*, 46-50.
64. Qin, B.; Li, Y.; Meng, L.; Ouyang, J.; Jin, D.; Wu, L.; Zhang, X.; Jia, X.; You, S. *J. Nat. Prod.* **2015**, *78*, 272-278.
65. Inayama, S.; Gao, J.-F.; Harimaya, K.; Hikichi, M.; Iitaka, Y.; Guo, Y.-T.; Kawamata, T. *Chem. Pharm. Bull.* **1985**, *33*, 2179-2182.
66. Ma, X. C.; Ye, M.; Wu, L. J.; Guo, D. A. *Enzyme Microb. Technol.* **2006**, *38*, 367-371.
67. Masuda, T.; Jitoe, A.; Nakatani, N. *Chem. Lett.* **1991**, 1625-1628.
68. Suarez, J. A. Q.; Rando, D. G.; Santos, R. P.; Goncalves, C. P.; Ferreira, E.; de Carvalho, J. E.; Kohn, L.; Maria, D. A.; Faiao-Flores, F.; Michalik, D.; Marcucci, M. C.; Vogel, C. *Bioorg. Med. Chem.* **2010**, *18*, 6275-6281.
69. Kuroyanagi, M.; Ueno, A.; Ujiie, K.; Sato, S. *Chem. Pharm. Bull.* **1987**, *35*, 53-59.





ตัวย่อและสัญลักษณ์

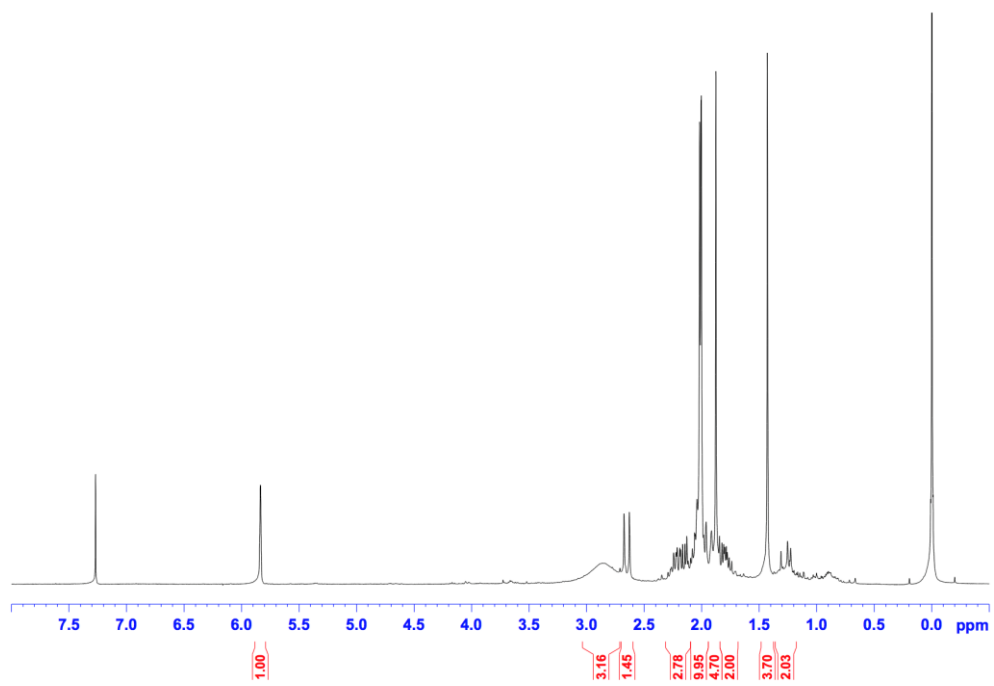
คำย่อ	คำเต็ม
s	singlet
br d	broad doublet
d	doublet
dd	doublet of doublet
td	triplet of doublet
m	multiplet
δ	chemical shift relative to tetramethylsilane (TMS)
J	coupling constant
ppm	part per million
$[\alpha]_D^{25}$	specific rotation at 25 °C
cm^{-1}	reciprocal centimeter (wave number)
mp	melting point
°C	degree celcius
m/z	a value of mass divided by charge
%	percent
c	concentration
g	gram
mg	milligram
μg	microgram
mL	milliliter
nm	nanometer
Hz	Hertz
MHz	Megahertz
MS	Mass spectroscopy
EI-MS	Electron spray ionization time-of-flight Mass Spectrometry
IR	Infrared

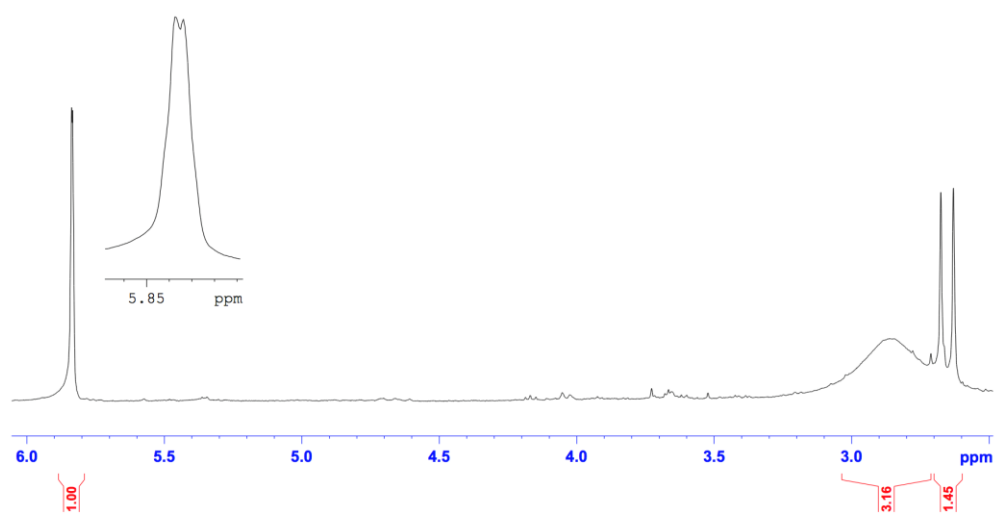
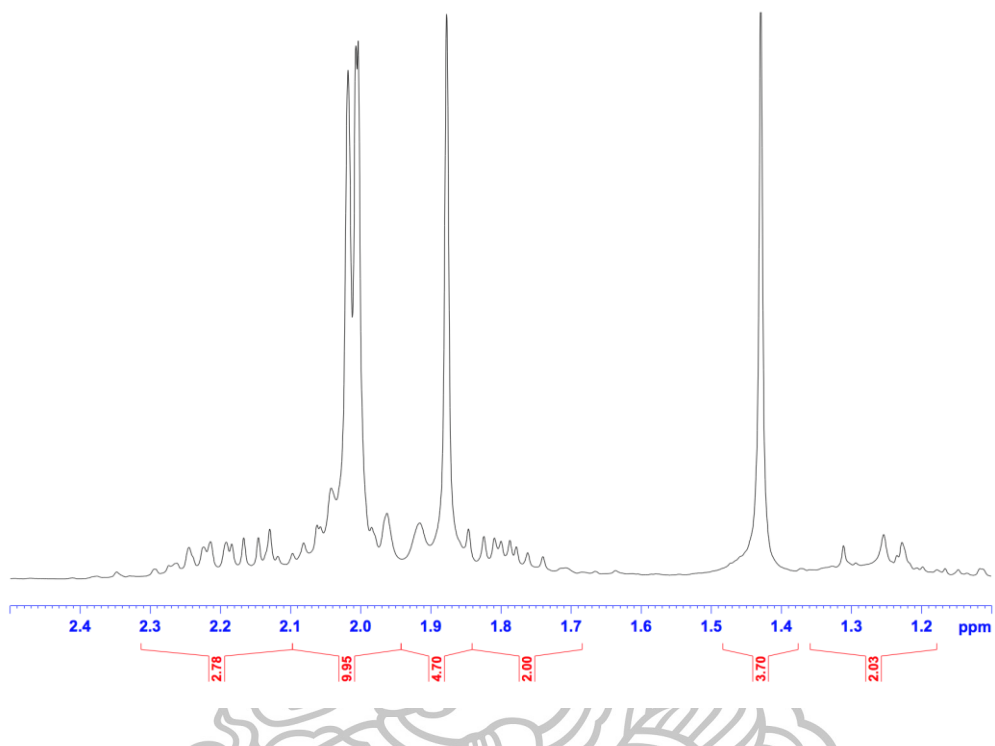
คำย่อ	คำเต็ม
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
CC	Column Chromatography
PLC	Preparative Thin Layer Chromatography
CH_2Cl_2	dichloromethane
EtOAc	ethyl acetate
MeOH	methanol
CDCl_3	deuteriochloroform
CD_3OD	deuteromethanol
H_2SO_4	sulfuric acid
CeSO_4	cerium sulfate

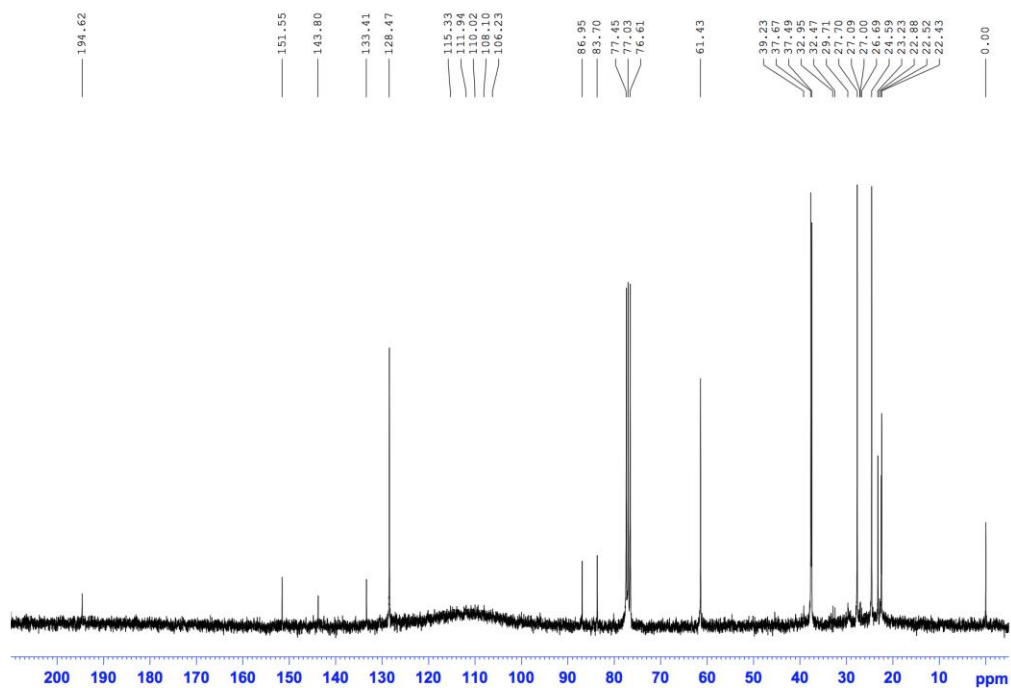


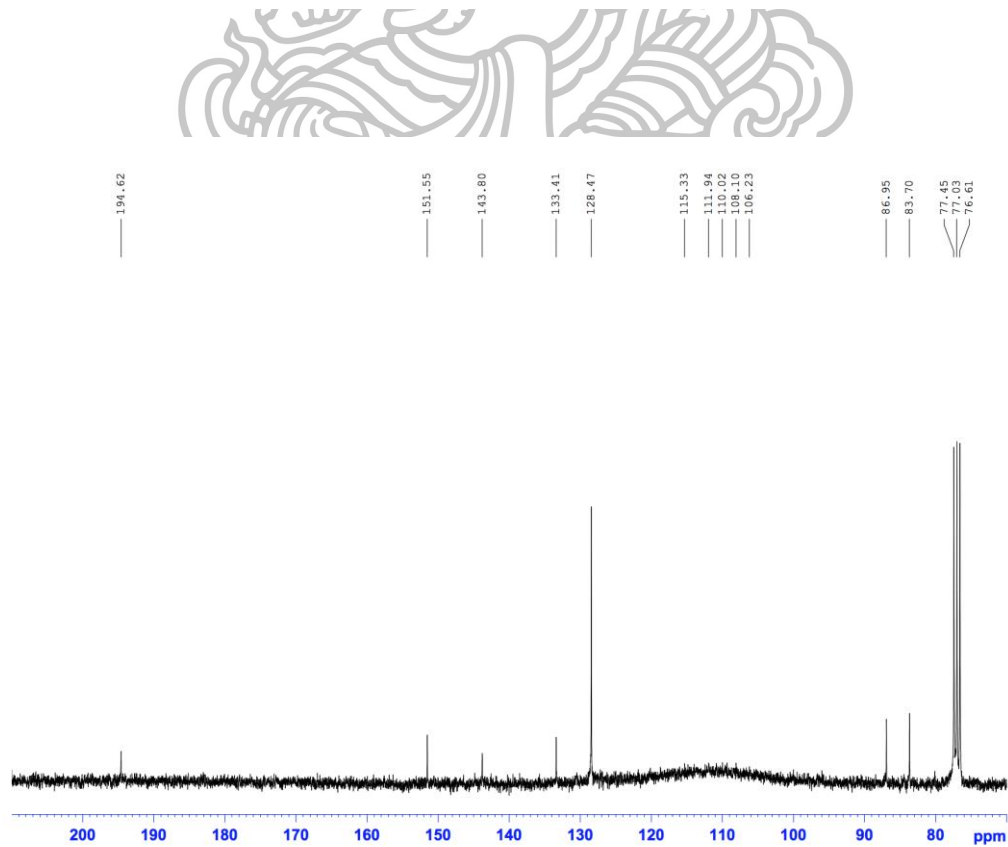
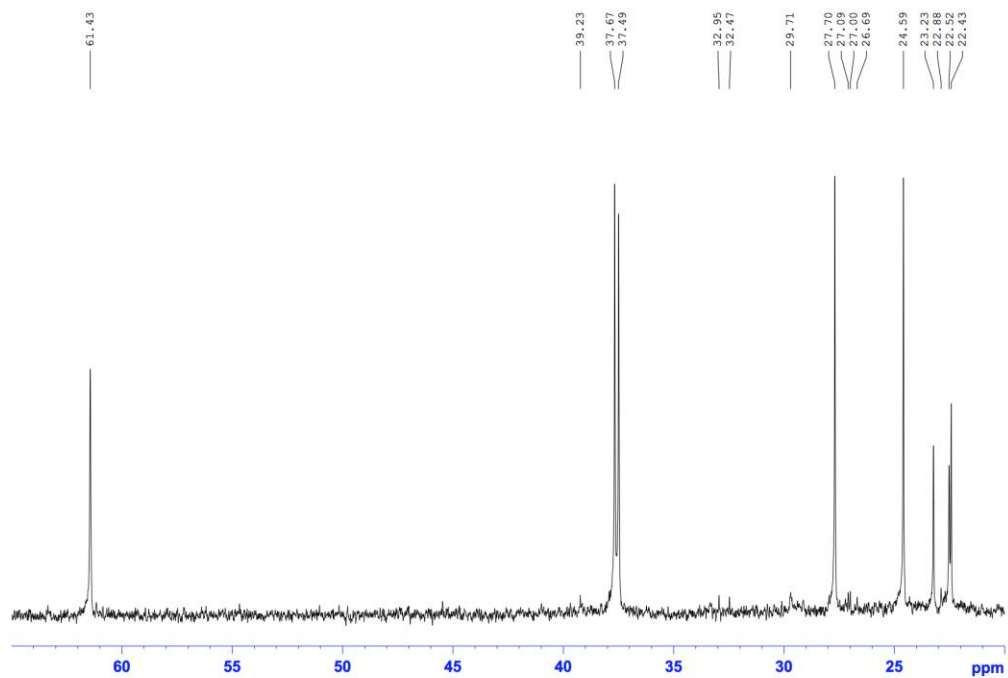
ภาคผนวก ข
Supporting Information



ภาพผนวก ข.1 สเปกตรัม ^1H NMR ของ *ent*-acerugidiol (CAS-10)

ภาพผนวก ข.1 สเปกตรัม ^1H NMR ของ *ent*-aeruginol (CAS-10)

ภาพผนวก ข.2 สเปกตรัม ^{13}C NMR ของ *ent*-aerugidiol (CAS-10)

ภาพผนวก ข.2 สเปกตรัม ^{13}C NMR ของ *ent*-aeruginol (CAS-10)

ผลงานที่เผยแพร่

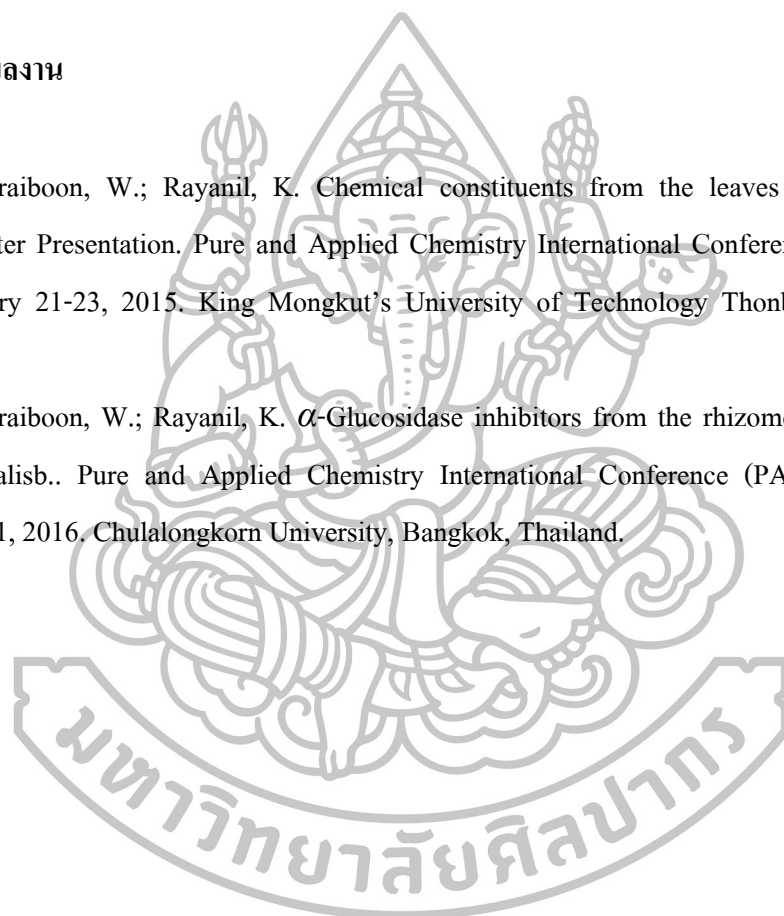
ผลงานตีพิมพ์

Traiboon, W.; Athipornchai, A.; Suntornwat, O.; Rayanil, K. α -Glucosidase inhibitors from the rhizomes of *Curcuma aromatica* Salisb. *Pure and Applied Chemistry Conference (PACCON) 2016*, 1065-1068.

การนำเสนอผลงาน

1. Traiboon, W.; Rayanil, K. Chemical constituents from the leaves of *Parameria barbata*. Poster Presentation. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2015), January 21-23, 2015. King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.

2. Traiboon, W.; Rayanil, K. α -Glucosidase inhibitors from the rhizomes of *Curcuma aromatica* Salisb.. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2016), February 9-11, 2016, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาววิชา ไตรบุญ
ที่อยู่	164 ถ.มนตรี ต.ท้ายช้าง อ.เมือง จังหวัดพังงา 82000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	สำเร็จการศึกษาระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ.2557	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

